

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA REPOTENCIAR UNA MÁQUINA BARNIZADORA DE PAPEL**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**SUÁREZ FARINANGO WILMER ALBERTO**

dibu911@yahoo.com

**TOSCANO TIPANGUANO HENRY HERNÁN**

hhtoscano@gmail.com

**DIRECTOR: ING. JORGE ALEJANDRO MOLINA MOYA**

jorge.molina@epn.edu.ec

**Quito, Junio 2010**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Wilmer Alberto Suárez Farinango y Henry Hernán Toscano Tipanguano, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Wilmer Suárez

---

Henry Toscano

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Wilmer Alberto Suárez Farinango y Henry Hernán Toscano Tipanguano, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Jorge Molina**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Jorge Molina por la dedicación en la dirección de esta tesis, a la Imprenta Don Bosco por la ayuda brindada durante todo el proyecto especialmente a Johnny Guerra.

A mi compañero de tesis por el apoyo dado para la realización de este trabajo y finalmente a mis profesores que me formaron durante mi vida universitaria.

Wilmer Suárez

Una de las cosas más importantes de la vida es saber dar las gracias de todo lo que nos hace crecer como persona y ser mejores. Por tal motivo agradezco en primer lugar a la Virgen Dolorosa porque ella me ha acompañado y guiado en toda mi vida. Agradezco a mis papás y a mi hermano porque sin el apoyo total e incondicional de ellos y por el gran aliento dado, nunca podría haber salido adelante; a mi familia y amigos que siempre han estado a mi lado preocupándose y apoyándome. Agradezco a la Imprenta Don Bosco y a cada una de las personas que trabajaron a nuestro lado ya que sin ellos el proyecto no hubiese sido posible. Por último, agradezco al Ing. Jorge Molina por su guía y apoyo en el transcurso del proyecto. Un gran agradecimiento de corazón a todos. Gracias.

Henry Toscano

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mamita Manuela por iluminar mi camino y ser mi guía. A mis padres por enseñarme los principios y valores para poder lograr mis metas, por ser mi ejemplo de esfuerzo, perseverancia y honestidad; por su apoyo incondicional en las buenas y en las malas.

A mis hermanos por ser mi fortaleza para poder lograr mis triunfos y objetivos propuestos. Finalmente a una persona muy especial por su comprensión y por enseñarme que uno más uno es igual a uno si se aprende a compartir.

Wilmer Suárez

Este proyecto de titulación es el resultado del esfuerzo de muchas personas. Le dedico a mi padre Hernán, a mi madre Rocío y a mi hermano Wilmer porque ellos han estado conmigo en las buenas y en las malas siendo una voz de aliento y me han dado pequeños empujones cuando más lo necesitaba; ellos realizaron muchos sacrificios y les dedico todo esto en agradecimiento a lo que han hecho por mí. De igual manera dedico a mi familia y buenos amigos que de una u otra manera me apoyaron y aconsejaron. Les dedico ya que su apoyo permitió que sobresalga y en ciertos momentos trabaje extraordinariamente. Esto es suyo!!!

Henry Toscano

# CONTENIDO

## RESUMEN

## PRESENTACIÓN

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. PROCESOS DENTRO DE UN SISTEMA DE IMPRENTA.....	1
1.2. PROCESO DE BARNIZADO .....	3
1.3. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA BARNIZADORA DE LA IMPRENTA DON BOSCO ....	5
1.3.1. <i>INGRESO DE PAPEL</i> .....	7
1.3.2. <i>BARNIZADO</i> .....	9
1.3.3. <i>SECADO</i> .....	11
<b>CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SOLUCIONES ALTERNATIVAS.....</b>	<b>13</b>
2.1. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO .....	13
2.1.1. <i>INGRESO DE PAPEL</i> .....	14
2.1.1.1. Inadecuado control del motor. ....	14
2.1.1.2. Atascamiento de papel .....	15
2.1.2. <i>NIVEL DE BARNIZ</i> .....	16
2.1.3. <i>SECCIÓN DE SECADO</i> .....	17
2.1.3.1. Secado de barnices UV .....	17
2.1.3.2. Daños de los rayos ultravioleta.....	18
2.1.4. <i>BANDA TRANSPORTADORA</i> .....	19
2.1.5. <i>TABLERO Y PANEL DE CONTROL</i> .....	20
2.2. SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.....	21
2.2.1. <i>PARA INGRESO DE PAPEL</i> .....	21
2.2.2. <i>PARA LA MEDICION DE NIVEL DE BARNIZ</i> .....	22
2.2.3. <i>PARA LA SECCIÓN DE SECADO</i> .....	23
2.2.4. <i>PARA LA BANDA TRANSPORTADORA</i> .....	23
2.2.5. <i>PARA EL TABLERO Y PANEL DE CONTROL</i> .....	24
<b>CAPÍTULO 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL .....</b>	<b>25</b>
3.1. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	28
3.1.1. <i>DIMENSIONAMIENTO DE ALIMENTADORES</i> .....	30
3.1.2. <i>DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES DEL CIRCUITO DE POTENCIA</i> ..	30
3.1.3. <i>DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR PARA EL CIRCUITO DE CONTROL Y SEÑALIZACIÓN</i> .....	31
3.2. TABLERO Y PANEL DE CONTROL .....	32
3.2.1. <i>TABLERO DE CONTROL</i> .....	32
3.2.2. <i>PANEL DE CONTROL</i> .....	33
3.3. SENSORES INFRARROJOS .....	34
3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL CON EL MÓDULO PROGRAMABLE LOGO... 35	
3.4.1. <i>FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR</i> .....	41
3.4.2. <i>ACTUADOR DE APAGADO DE INGRESO DE PAPEL</i> .....	44
3.4.3. <i>LÁMPARA UV</i> .....	45
3.4.4. <i>CONTADOR Y VELOCÍMETRO</i> .....	47
3.4.5. <i>ADVERTENCIAS Y SEGURIDADES</i> .....	48
3.5. DISEÑO DEL SENSOR DE NIVEL .....	49
<b>CAPÍTULO 4. PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
4.1. PRUEBAS ELÉCTRICAS .....	53
4.2. PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.....	54
4.3. CONSUMO DE ENERGÍA .....	57
4.4. COSTO Y TIEMPO DEL PROYECTO.....	57

<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>59</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	59
5.2. RECOMENDACIONES .....	60
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>62</b>

## **ANEXOS**

<b>ANEXO A.</b>	<b>PROGRAMA DE CONTROL PARA EL LOGO</b>
<b>ANEXO B.</b>	<b>PROGRAMA DE CONTROL PARA EL SENSOR DE NIVEL</b>
<b>ANEXO C.</b>	<b>CIRCUITOS ELECTRÓNICOS IMPLEMENTADOS</b>
<b>ANEXO D.</b>	<b>DISEÑO DE PLACA DEL SENSOR DE NIVEL</b>
<b>ANEXO E.</b>	<b>MANUAL DE USUARIO</b>

## RESUMEN

La imprenta es una de las industrias que desde su aparición ha tenido un gran apogeo en el transcurso del tiempo, y aunque existan nuevas técnicas para difundir los medios de información, su continuidad y desarrollo sigue vigente.

Dentro del proceso de una imprenta se encuentra el barnizado, que en la mayoría de las máquinas consta de la técnica offset, que permite barnizar papel con un sistema de rodillos y de mantillas absorbentes. Junto a ello, se tiene un sistema de secado con rayos ultravioletas que, gracias a las propiedades del barniz UV, permiten secar el producto inmediatamente.

La máquina barnizadora de la Imprenta Don Bosco tenía tecnología antigua en sus partes mecánicas y eléctricas. Un análisis de sus problemas conllevó a la implementación de un nuevo sistema de control, el cambio de la mayoría de componentes eléctricos, la verificación de juntas mecánicas y recomendaciones para la realización de mantenimientos eléctricos.

El diseño del sistema eléctrico y de la lógica de control conllevó al uso de un controlador programable LOGO, protecciones eléctricas, seguridades para el operador e instalación de nuevos sensores electrónicos.

El sistema de control con el autómata programable LOGO con módulos de expansión permitió poner en funcionamiento con una buena lógica la máquina barnizadora con seguridades para los operadores y para las partes mecánicas y eléctricas de la máquina. Además la ventaja de tener una pantalla LCD incorporada y las funciones del controlador permitieron crear un contador y un velocímetro de producto final digitales. El costo de usar este tipo de controlador fue muy bajo comparado a un sistema con un controlador con pantalla, contador y velocímetro separados.

El sistema contiene un sensor de nivel por ultrasonido para líquidos espesos acondicionado mediante un microprocesador, gracias al cual se tiene un



control de nivel por histéresis, el cual se lo puede calibrar mediante software. Además es un dispositivo económico y útil en muchas aplicaciones de medición y control de nivel.

Mediante sensores infrarrojos se consiguió soluciones prácticas e ingeniosas para detectar presencia de papel, contar productos finales y crear una técnica para detectar el movimiento de una banda transportadora, en los casos cuando la banda se aísla y el motor sigue en funcionamiento.

El nuevo sistema proporcionó seguridad a los operadores en cada uno de los sectores de riesgo, el cual es uno de los objetivos más importantes, gracias al controlador, los dispositivos electromecánicos y sensores instalados.

Después de implementado el nuevo sistema de control y comparado con el antiguo, los principales resultados fueron un aumento de productividad y un ahorro de energía en la máquina gracias al cambio total del sistema eléctrico y del método de control.

Por último, se demostró que este proyecto tiene un sistema de control económico pero de gran utilidad y beneficios para la empresa, además de que se aumentó el tiempo de vida útil de la máquina, teniendo en cuenta que la repotenciación ha resultado mejor que la adquisición de una nueva máquina.

## **PRESENTACIÓN**

El presente trabajo consta de la repotenciación de una máquina barnizadora UV para la Imprenta Don Bosco; implementando un nuevo sistema de control para la misma y resolviendo problemas electromecánicos, eléctricos, de seguridad y protección; en pro de aumentar el tiempo de vida de la misma, proteger la máquina y los operadores, mejorar su productividad y disminuir el consumo de energía.

El Capítulo 1 presenta una breve explicación acerca de la imprenta en la actualidad y del proceso de producción en ese tipo de industrias. Además se encuentra un marco teórico acerca de las máquinas barnizadoras con sistema offset y con secado con rayos ultravioletas; junto al estudio de cada una de las partes constitutivas de este tipo de sistemas.

En el Capítulo 2, se realiza un análisis de los problemas existentes en la máquina barnizadora, específicamente de la Imprenta Don Bosco, y se propone soluciones para eliminar dichas dificultades.

El Capítulo 3 contiene el diseño eléctrico del nuevo sistema implementado junto a la lógica de control que se realizó en un controlador programable (LOGO) y una breve explicación de las funciones utilizadas para resolver los problemas. Además, se realiza una descripción del sensor de nivel de ultrasonido utilizado, desde la parte eléctrica hasta la explicación de la lógica de control, que se programó en un microprocesador para acondicionar la señal.

El capítulo 4 describe las pruebas realizadas en el sistema después de la implementación del nuevo control. Se realiza una comparación de productividad y de ahorro de energía entre el antiguo y el nuevo sistema; y costos del proyecto.

El Capítulo 5 contiene las conclusiones y recomendaciones sobre el proyecto implementado.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

La imprenta es una de las industrias más antiguas del mundo y ha ido desarrollándose en el transcurso de los años con el uso de nuevas técnicas y tecnología. Su apogeo se debe a la demanda creciente que ha tenido, desde sus comienzos con panfletos informativos hasta nuestros días con volantes, posters, documentos, cuadernos, periódicos, revistas, libros, entre otros.

Imprenta, por definición, es un método industrial de reproducción de textos e imágenes sobre papel o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre unas piezas metálicas, llamadas tipos, para transferirla al papel por presión. Aunque comenzó como un método artesanal, era un proceso muy veloz para sus tiempos. [1]

Se puede creer que en la actualidad, los nuevos medios de información están en un momento de cambio acelerado y de informaciones más veloces, siendo la respuesta a la mayor demanda de información y entretenimiento. Los nuevos sistemas y estructuras nunca borran por completo los anteriores sino que se superponen. Así, las nuevas tácticas de almacenamiento y recuperación de información han necesitado de los medios de impresión en este campo para reagrupar y encontrar nuevas colocaciones, a menudo de carácter más especializado. Por ende la calidad del servicio que las empresas brindan sobresale con mayor intensidad y genera una satisfacción por cumplir con las especificaciones requeridas por el medio, que cada vez necesita mayor calidad en los productos. [1]

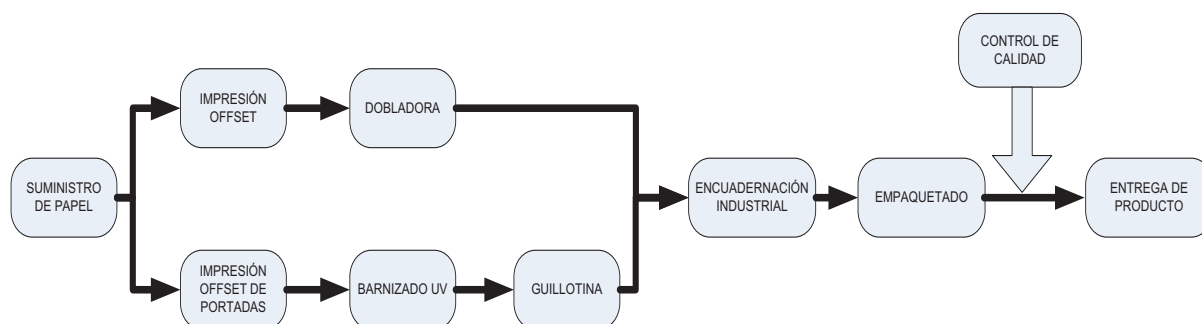
### **1.1. PROCESOS DENTRO DE UN SISTEMA DE IMPRENTA**

En la actualidad, la industria de la imprenta se ha dedicado en su mayoría a la producción de periódicos, libros y revistas a gran escala, en menor tiempo y

aprovechando al máximo todos los recursos disponibles. Por lo tanto, el proceso conlleva a etapas de fabricación de estos productos, sin descontar que, con las mismas fases, se puede producir los demás frutos de una imprenta.

El proceso productivo se divide en tres partes: pre-impresión, impresión y pos-impresión. La pre-impresión consta del fotograbado, fotocomposición, fotomecánica, maquetación, diseño y edición electrónica; en esta parte figura el diseño y elaboración del producto base, junto a la creación de los moldes para cada una de las maquinarias. A continuación se tiene la impresión, que involucra la tipografía, offset, calcografía, huecograbado, serigrafía e impresión digital; donde se realiza la elaboración de las hojas pertenecientes al libro o revista. Por último, es la fase de pos-impresión, que es la etapa de encuadernación industrial y acabados.

En la planta industrial, de la pre-impresión se encarga un departamento de diseño gráfico y elaboración del producto base. Para cumplir con la etapa de impresión y pos-impresión del proceso productivo se divide en subetapas representadas físicamente por las maquinarias que las elaboran. Además, para cada fase de la fabricación existe un control de calidad, control ambiental, seguridad industrial y reciclaje de papel. [2]



**Figura 1.1** Proceso productivo de una imprenta moderna

En la imprenta moderna, la técnica de impresión más utilizada es el offset, que consiste en unas planchas con zonas impresoras y no impresoras que están en el mismo nivel, siendo las primeras, las hidrófilas, las que retienen la tinta

grasa. Al imprimir y antes de distribuir la tinta, se humedece previamente, para que las partes no impresoras la rechacen. La tinta pasa a continuación de las zonas no impresoras a un cilindro de caucho y de aquí al papel. [3]

Existen fases que no se utilizan en la producción de libros y revistas pero que son necesarias para otros productos; entre las máquinas más usadas están: la troqueladora para cortes y relieves en láminas de papel o cartulina; equipo de anillado, la prensa, la perforadora y la grapadora.

## 1.2. PROCESO DE BARNIZADO

El barnizado consiste en colocar una capa que sirve de protección y está prevista para crear efectos superficiales como el brillo y matices mates; utilizando la técnica de barnices UV ambas funciones se consiguen a la vez y de manera eficiente. Las características más peculiares de este tipo de acabado son: tiene la apariencia de una plastificación, es resistente al roce y a diversas sustancias químicas y no es costoso comparado con otras técnicas de barnizado.

Por los materiales utilizados se podría decir que la calidad es muy alta, tanto en el nivel de brillo como en la resistencia que aporta al papel impreso. Para el secado de estos barnices, denominado proceso de curado, se necesita una lámpara que emita radiaciones de luz ultravioleta, con la que se logra un efecto de foto polimerización. En los llamados “Hornos de curado o secado UV”, una de sus principales ventajas es que reduce el consumo de energía y su costo, ya que no se requiere una instalación muy compleja y además produce 0% de emisiones de solventes o VOC’S, razón por la cual se los conoce como *barnices de tecnología verde*, ya que son amigables con el medio ambiente. [5]

Sus propiedades positivas se deben a su constitución química y al mecanismo de formación de la película. El barniz de dispersión se seca debido a la penetración en el papel o por la vaporización de sus componentes de agua. En

cambio, el mecanismo de formación de la película de barniz UV se realiza mediante un enlace químico, lo que se logra en fracciones de segundos por la irradiación de rayos muy energéticos. Cuando las sustancias de barniz no reciben suficiente UV, permanecen pegajosas y blandas, emitiendo un olor intenso. Mediante la selección de materias primas especiales se ha podido conseguir que los barnices líquidos prácticamente sean inodoros. A fin de lograr un brillo muy intenso, el barniz UV necesita una fase de sedación, antes de que los rayos UV pasen a convertir el barniz en una película de plástico, por este motivo, resulta ventajoso equipar las máquinas con un trayecto para la distribución del barniz antepuesto al secador. [4]

Otras virtudes de la película de barniz son sus propiedades de encolado, troquelado y reciclado, aunque no todas las propiedades pueden conseguirse en un mismo material. Por este motivo, se debe definir, en primer lugar, a que propiedades se quiere dar preferencia. [4]

En cuanto al barniz UV, se trata de un cien por ciento sistema de barnizado, puesto que asegura el aprovechamiento óptimo de los recursos de materias primas y no se utilizan disolventes. El barniz UV es un producto químico que exige una cierta habilidad en el manejo, ya que con gran exposición puede irritar la piel humana. La película de barniz totalmente enlazada químicamente queda inactiva, por lo que no se desprende ningún riesgo en el manejo o elaboración ulterior. [4]

Las configuraciones de las máquinas y la alimentación del barniz se conciben de tal manera que no representen ningún riesgo para los operadores. Para configuraciones críticas se ofrecen equipos aspiradores con filtros de carbón, que impiden cualquier carga de ozono. Los barnices UV no contienen sustancias tóxicas, ni tampoco PCP, PVC, NVP o metales pesados, tales como plomo, cadmio, cromo, arsénio, antimonio, bario o mercurio. [4]

Con un buen proceso de reciclado es posible recuperar los materiales con barniz UV de la misma manera como materiales no barnizados. El barniz UV

ofrece muchas ventajas, tanto para la técnica, como para el marketing. Por regla general, los productos tratados con barniz de dispersión no pueden competir con los tratados con barniz UV; pero el barniz UV es un producto químico que requiere determinados preparativos y que no se presta para todos los campos de aplicación. El respeto al medio ambiente y a sus recursos prevalece ante todo, por consiguiente, tanto la industria, como los investigadores y los usuarios, tienen que hacer lo posible para llevar una discusión razonable sobre el tema de los barnices UV, utilizándolo siempre y cuando su perfil de rendimiento lo recomiende. [4]

### **1.3. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA BARNIZADORA DE LA IMPRENTA DON BOSCO**

La maquinaria utilizada en la Imprenta Don Bosco es similar a las impresoras offset, pero con una sola etapa de rodillos en los cuales se utiliza el barniz en vez de las tintas. Acoplada a esta etapa de barnizado se encuentra una última fase de secado, que depende del producto, del barniz y de su forma de utilización. Las imprentas usan el barniz UV por las características que tiene esta técnica, por lo tanto, el sistema debe estar acoplado para que este procedimiento de resultado.

En las barnizadoras más comunes en la industria, se tiene tres etapas que consisten en el ingreso de papel, el barnizado con barniz UV y el secado. Dependiendo de la tecnología, en el medio existen máquinas barnizadoras con control electromecánico y con control inteligente.

El movimiento de un sistema barnizador, como el de tres etapas mencionado anteriormente, es provocado por un solo motor unido a un completo mecanismo de bandas y engranes sincronizadas. Todas estas conexiones mecánicas permiten que el proceso sea sincronizado, pero a la vez, crean un sistema complejo que requiere un mayor análisis para mantenimiento y una periódica lubricación de cada una de sus partes.

## MÁQUINA BARNIZADORA UV

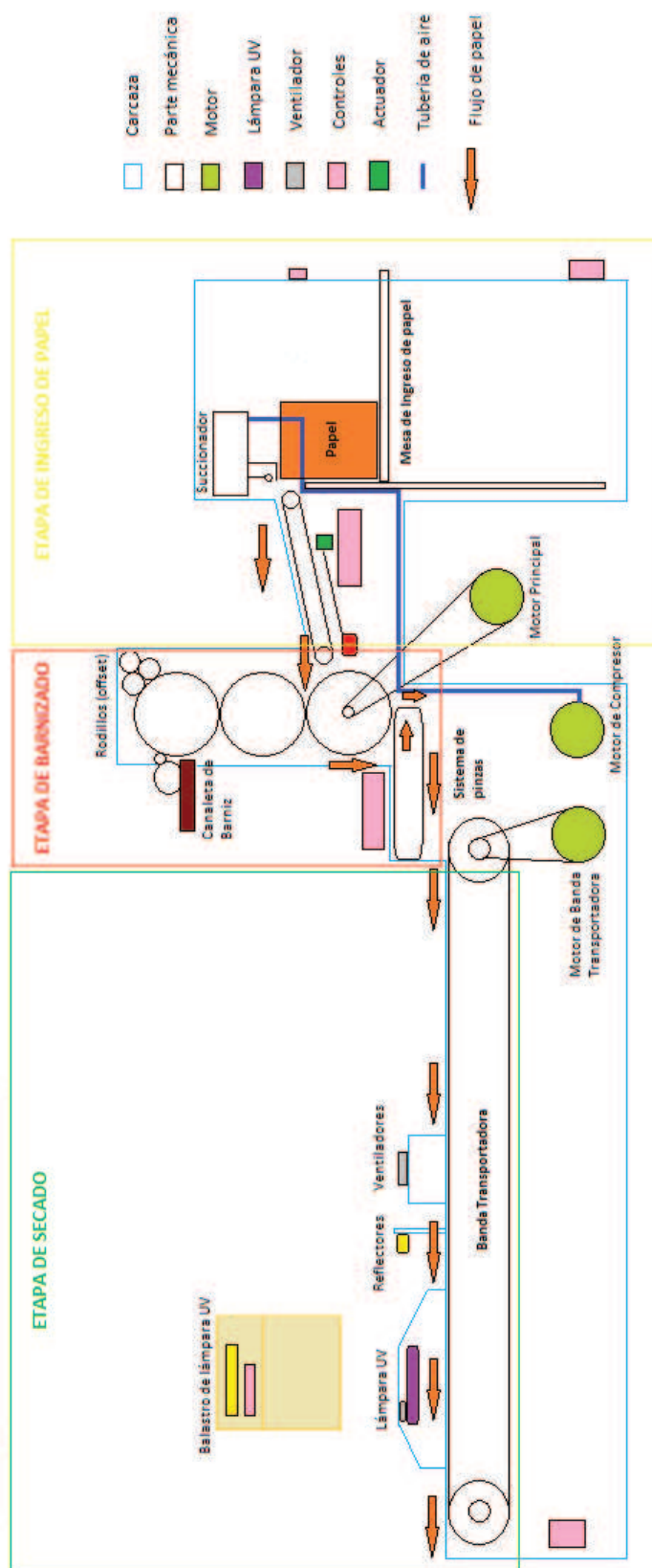


Figura 1.2 Diagrama de etapas y flujo de producto de la máquina barnizadora de la Imprenta Don Bosco



### 1.3.1. INGRESO DE PAPEL

La primera etapa de la barnizadora UV es el ingreso de papel, que consiste en un sistema mecánico y de succión. La materia prima ya impresa se introduce en un tablero donde se la apila manualmente.



**Figura 1.3** Mesa de ingreso de papel

El papel apilado es pasado, unidad por unidad, gracias a un sistema de succión, el que permite tomar un pliego de papel y por movimientos de partes mecánicas, deja a éste en una pequeña banda transportadora calibrada previamente mediante ruedas de presión que impiden el atascamiento de papel. La sincronización de este proceso se debe a engranes y movimientos mecánicos provocados por el motor principal de la barnizadora.

Para que la pila de papel suba mientras el succionador retira cada una de las hojas, existe un mecanismo que eleva la mesa de ingreso cuando se va consumiendo la porción de papel. Este, mediante cadenas, trepa la mesa cada cierta cantidad de ciclos que el motor ha dado, lo cual permite que se sincronice el

paso de producto hacia la banda con el ingreso del mismo al succionador, y que siga proporcionando las hojas constantemente.

Un mecanismo existente en ciertas máquinas de barnizado, es un motor que mueve la mesa de ingreso de papel en los dos sentidos; sistema que se encuentra colocado en paralelo a una manivela manual. El motor es puesto en funcionamiento siempre y cuando la parte manual esté desconectada y sirve para mover el tablón con papel en el momento de la carga de producto. Esto no debe estar en funcionamiento cuando se trabaja con la barnizadora.

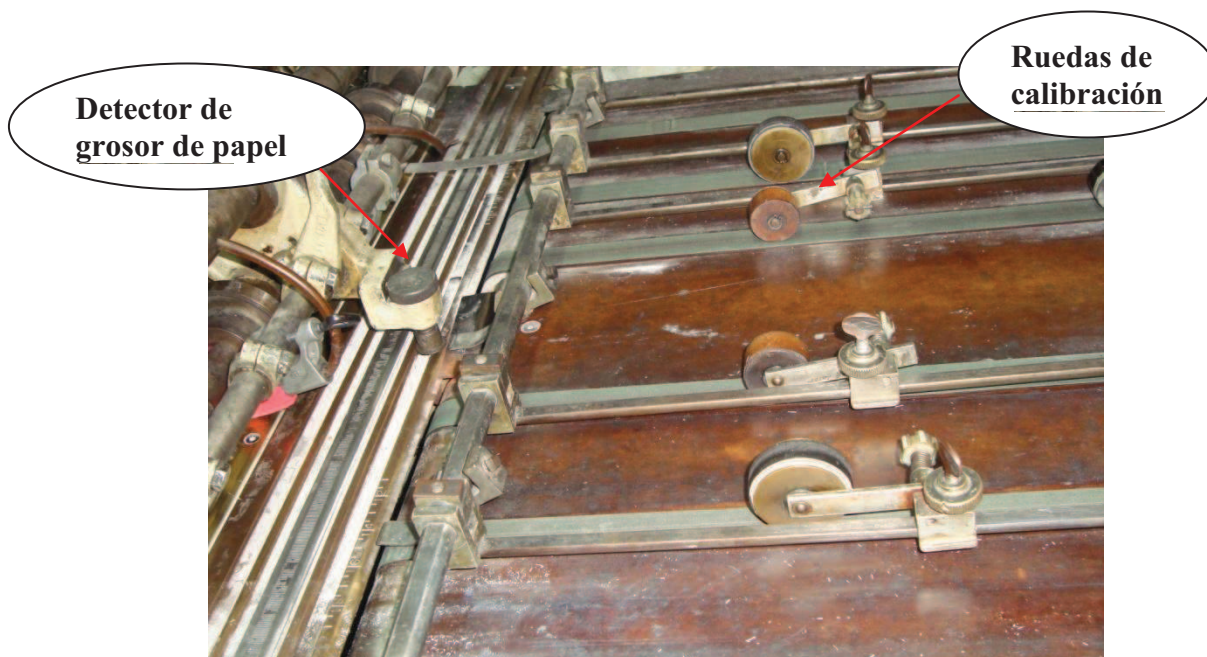


**Figura 1.4** Banda transportadora para el ingreso de papel

La parte mecánica del succionador y la banda transportadora están acopladas al sistema de movimiento de los rodillos, es decir, estos deben estar en operación previamente y la velocidad de trabajo de estas partes está restringida por la de los rodillos, teniendo de esta forma un proceso sincronizado. El operador debe accionar el acople para que el ingreso de papel funcione.

### 1.3.2. BARNIZADO

En la entrada a esta fase se tiene un regulador mecánico para detectar el paso de doble papel, el cual detiene el flujo hacia los rodillos en caso de atascamiento. Cuando existe la presencia de dos o más papeles juntos en los rodillos, las mantillas de barniz tienden a dañarse.

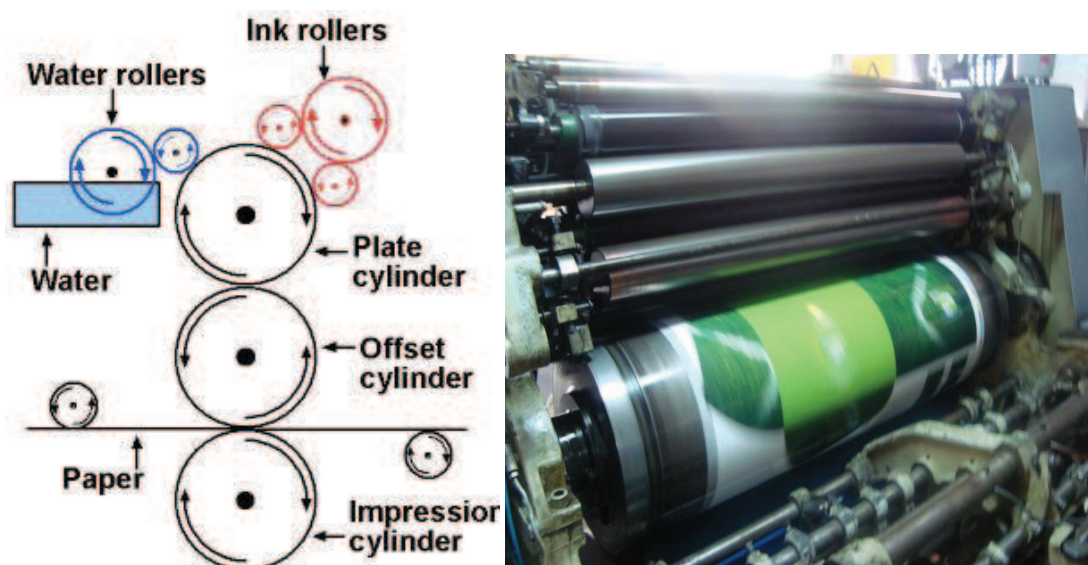


**Figura 1.5** Detector de grosor de papel y ruedas de calibración.

En el momento que exista la presencia de papel hacia el sistema de rodillos, se debe dar presión en los mismos mediante un activador mecánico. A la vez, un sensor de presencia de papel debe detectar que exista papel fluyendo después del controlador de doble papel; en el caso de que esté con presión y no exista papel, inmediatamente se debe desacoplar la banda transportadora pequeña y el sistema mecánico del succionador para que la entrega de producto se detenga.

Al pasar las seguridades de ingreso de papel hacia el sistema de rodillos, existe un dispositivo mecánico que alinea el papel. El alineamiento es necesario para barnizado selectivo, siendo una técnica que barniza en partes que son ubicadas en la mantilla para que no se aplique el barniz en esa zona.

La parte del barnizado es similar al de las impresoras offset, es decir, es un sistema de rodillos acoplados para pasar el barniz uno a otro desde un contenedor hacia los últimos cilindros que barnizan el producto. Gracias al material de la mantilla ubicada en los rodillos que tienen contacto con el producto, éste es barnizado de una manera uniforme.



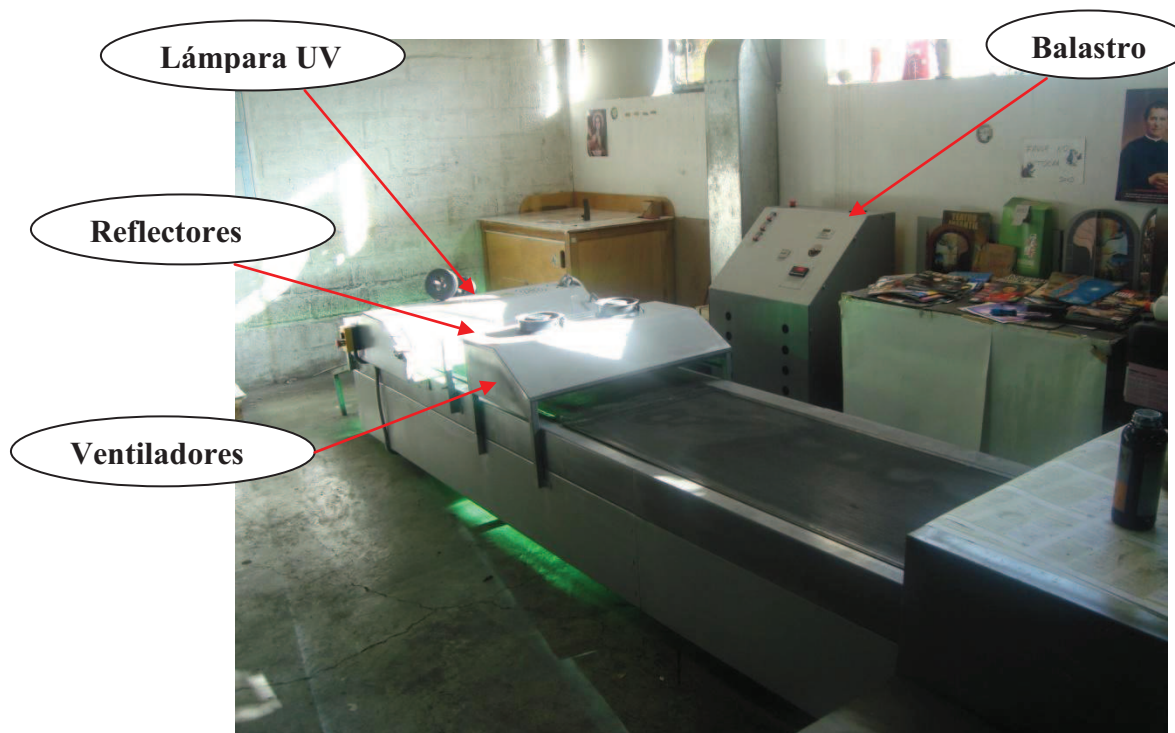
**Figura 1.6** Sistema de Rodillos. [6]

El movimiento de todo el sistema es generado por un motor, cuya velocidad es variable y baja. El control y regulación de velocidad del motor es importante cuando se realizan trabajos de diferente tipo.

La etapa final es un sistema de pinzas que deposita el material barnizado en la banda transportadora que lo conduce al área de secado. Los ganchos son comandados por elementos mecánicos que sujetan el pliego de papel mientras están en los rodillos y que sueltan el mismo cuando está al otro lado. Este proceso, al igual que los anteriores, es previamente calibrado y sincronizado.

### 1.3.3. SECADO

La parte de secado comienza con una banda transportadora que permite variar su velocidad; este sistema no es sincronizado con el del ingreso de papel y la barnizadora, sino la rapidez es controlada de acuerdo a criterio y necesidad de los operadores.



**Figura 1.7** Etapa de Secado.

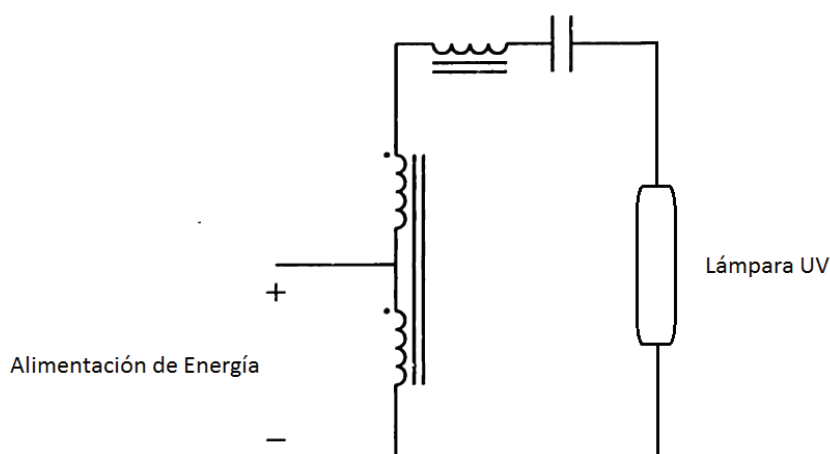
El camino de la banda transportadora es, en primera instancia, por unos reflectores y ventiladores. Los dos elementos por sí solos no secan el barniz UV pero preparan este producto para el paso por la lámpara ultravioleta. Este conjunto es utilizado dependiendo de la composición del barniz, ya que existen unos de secado rápido y otros de secado lento; su elección es cuestión económica.

Los reflectores pre calientan el papel barnizado, pero por el movimiento de la banda transportadora y por las propiedades del barniz no alcanza a secarlo completamente. Los ventiladores cumplen la función de preparar el producto para

la lámpara ultravioleta. Ambos, si son puestos a la vez en funcionamiento, aceleran el proceso de producción debido a que el secado se lo hará en menor tiempo.

El eje fundamental del secado es la lámpara ultravioleta, la cual por su gran potencia y sus características junto al barniz UV, provocan un secado inmediato del producto. Gracias a este sistema, el papel barnizado estará terminado en ese momento, sin la necesidad de alguna fase de pos secado ni un sistema de ventilación adicional.

La lámpara ultravioleta consta de un sistema de balastro eléctrico que aumenta los niveles de voltaje hacia la lámpara, la cual funciona por la descarga de los electrodos dentro de la misma.



**Figura 1.8** Balastro eléctrico. [7]

Las lámparas ultravioletas para barnizado UV no están hechas con Cristal Wood, conocido por su cristal violeta, sino son de cristal transparente. Este tipo de tubo permite que la radiación impacte directamente al producto barnizado y tenga una reacción con el líquido UV más eficiente; es decir, el secado será en menor tiempo permitiendo que los pliegos de papel pasen con mayor frecuencia y no disminuir el tiempo del proceso. [8]

## CAPÍTULO 2

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SOLUCIONES ALTERNATIVAS

La Imprenta Don Bosco tiene un área que consta del barnizado de tipo selectivo y barnizado UV; la empresa cuenta con una Barnizadora marca HARRIS. La máquina funciona con el mecanismo de impresión y barnizado offset, que mediante rodillos y una mantilla absorbente tiñe o barniza el papel en las partes deseadas.

El sistema está junto a una banda transportadora que fue acoplada en tiempo posterior a la adquisición de la barnizadora; además son dos etapas completamente separadas que dependen una de la otra, dependiendo de la operación y calibración de los trabajadores.



**Figura 2.1** Barnizadora Harris previo a la repotenciación, Imprenta Don Bosco.

#### 2.1. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO

La máquina utilizada por la Imprenta Don Bosco fue adquirida hace unas dos décadas aproximadamente, siendo éste su principal problema, ya que la tecnología eléctrica y mecánica utilizada en la misma es obsoleta. Sus partes han

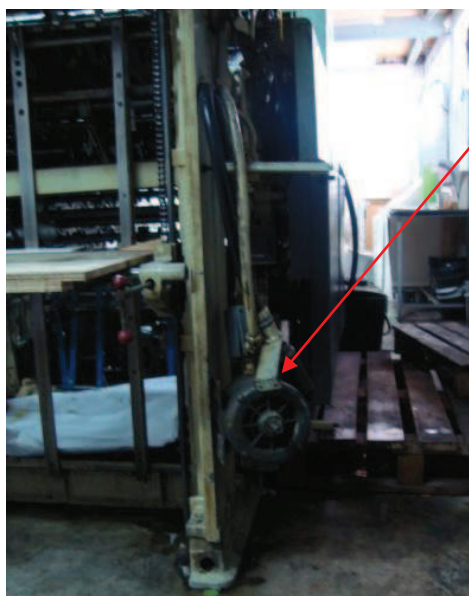
sido cambiadas poco a poco con el tiempo para aumentar su tiempo de vida útil y mejorar el proceso de producción, dichos cambios han permitido que la máquina esté funcionando de buena manera hasta el día de hoy.

La parte mecánica de la máquina ha tenido mantenimiento y arreglos constantes debido a los problemas que provocan sus partes; pero se han solucionado y han permitido que siga en funcionamiento. Al contrario, la parte eléctrica no ha recibido el mismo trato, por lo que muchas de sus partes están caducas, fuera de uso o conllevan a inconvenientes constantes de operación.

### **2.1.1. INGRESO DE PAPEL**

#### **2.1.1.1. Inadecuado control del motor.**

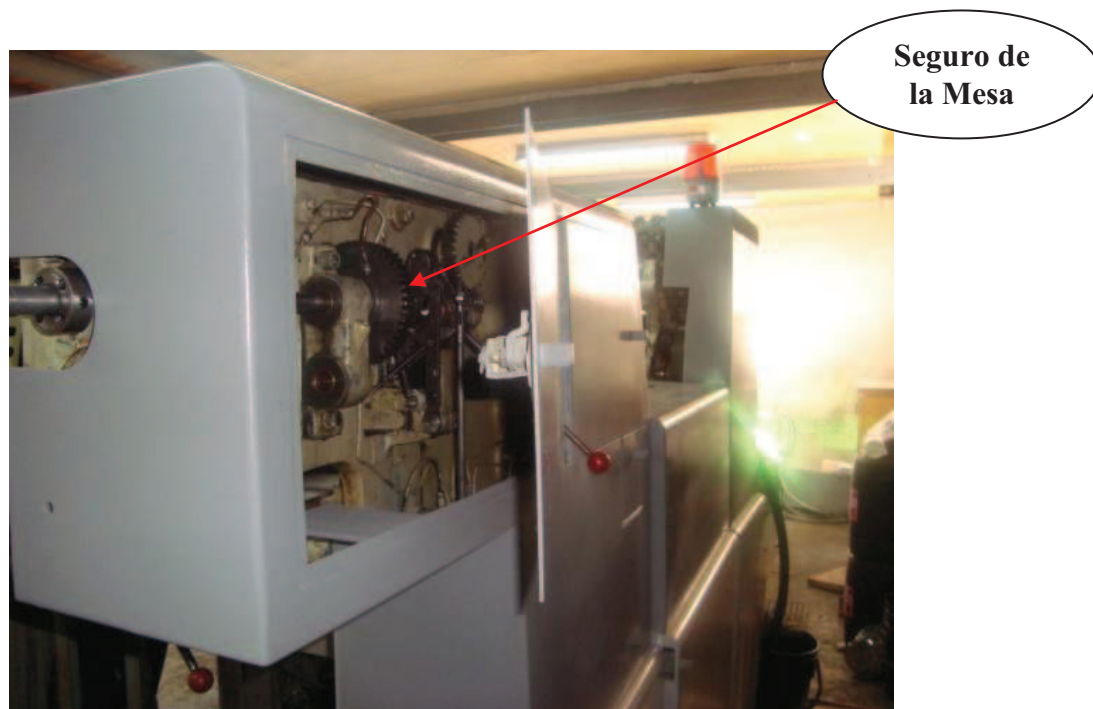
Debido a problemas mecánicos de la máquina, no existía un adecuado control del motor en la introducción de papel, lo que originaba el daño en las partes mecánicas, ya que el motor debía subir y bajar una mesa, donde se encontraba el papel que iba a ser ingresado para el recubrimiento de barniz.



**Figura 2.2** Motor de la mesa previo a la repotenciación, Imprenta Don Bosco.



La máquina contenía un seguro al momento de bajar la mesa, figura 2.3. Cuando éste no se accionaba y se bajaba sin precaución, las partes mecánicas se desgastaban y por último se rompían.



**Figura 2.3** Seguro de la mesa previo a la repotenciación, Imprenta Don Bosco.

#### **2.1.1.2. Atascamiento de papel**

Antes de ingresar el papel a los rodillos, existe un detector que mide el grosor de este, figura 1.5. Cuando detecta doble papel no permite que éste siga pasando, y se da por los siguientes motivos:

- 1.- Por estar el papel ondulado.
- 3.- Por colocar el papel, sin una previa moldura.
- 4.- Maltrato del papel al cargarlos o estibarlos
- 5.- Por la calidad de papel o lote.

Cuando el papel no seguía pasando, un sistema mecánico (detector de papel) se encargaba de mandar una señal de paro de su banda transportadora, la cual está acoplada mecánicamente al sistema de succión de papel que también se detiene.



**Detector  
de papel**

**Figura 2.4** Detector de papel previo a la repotenciación, Imprenta Don Bosco.

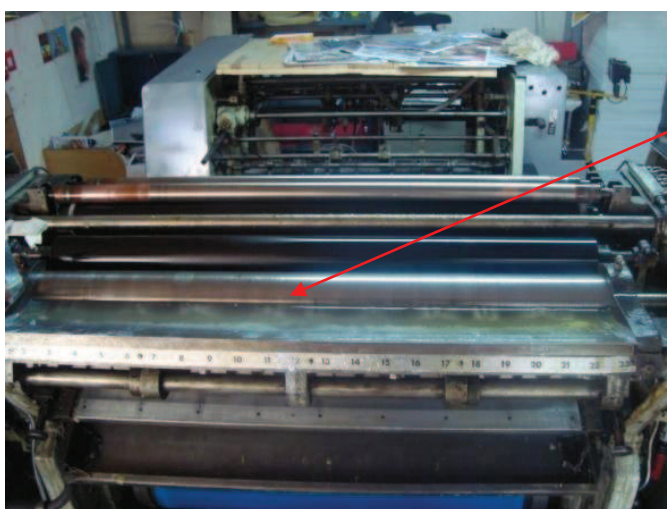
Este sistema mecánico, por no ser el adecuado, en ocasiones no enviaba dicha señal de paro y el papel que se detenía venía conjuntamente con el papel anterior lo que significaba doble alimentación de papel a los rodillos y posibles daños en la mantilla. La mantilla es una capa compresible para absorber los golpes a altas velocidades, su superficie pulida asegura un registro exacto y menos liberación de pelusa. Cabe resaltar que el precio de las mantillas es muy elevado y por lo tanto es necesario tener un buen control para detectar doble papel.

### **2.1.2. NIVEL DE BARNIZ**

El elemento más importante en la máquina barnizadora de papel es el barniz. El barniz es un recubrimiento o sellado líquido que se aplica a una

superficie impresa, (p.ej. la parte exterior de una carpeta de presentación) para darle un acabado transparente brillante, mate, satinado o neutro. [11]

En el recipiente donde está el barniz no existía ningún detector para determinar si éste existía o no; aunque resultaba un tanto difícil medir el nivel de barniz existente, debido a su espesura, distancia y dificultad de instalación.



**Recipiente  
de barniz**

**Figura 2.5** Recipiente de barniz, Imprenta Don Bosco.

Como consecuencia de esto, en diferentes ocasiones y por ausencia de barniz, el producto final salía sin dicho recubrimiento; y generalmente el operador se daba cuenta cuando ya había salido muchas unidades defectuosas.

### **2.1.3. SECCIÓN DE SECADO**

#### **2.1.3.1. Secado de barnices UV**

Con barniz UV, la condición y el desempeño de las lámparas son responsables del resultado final. Temperaturas demasiado elevadas pueden dar

lugar a la quebradura del material impreso durante el proceso de doblado y acanalado.

Pero el problema más importante era cuando la banda transportadora se detenía y el papel que estaba pasando quedaba expuesto por mucho tiempo a la lámpara de UV que estaba a una temperatura muy elevada, defecto que incineraba al papel y afectaba a la seguridad del personal y de la máquina.



**Figura 2.6** Lámpara UV, Imprenta Don Bosco.

#### **2.1.3.2. Daños de los rayos ultravioleta**

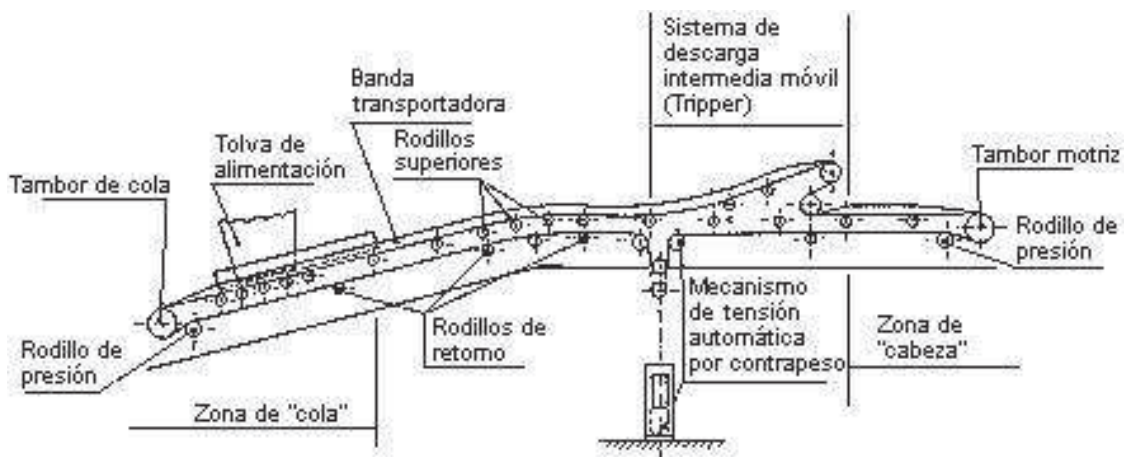
La exposición a los rayos UV, en todos sus aspectos, tiene muchos efectos para la salud humana, tanto beneficiosos como perjudiciales. Entre los efectos perjudiciales que podríamos tener, en este caso, es el cáncer de piel, envejecimiento de ésta, irritación, arrugas, manchas o pérdida de elasticidad. También se puede desencadenar lupus eritematoso sistémico (enfermedad auto inmunitaria, que afecta a órganos, aparatos y sistemas). La radiación UV es altamente mutagénica, o sea, que induce a mutaciones.

Para el caso que nos amerita, los operarios eran expuestos a los rayos UV siempre que se alzaba la tapa de la lámpara, situación que ocurría con frecuencia; como por ejemplo, cuando se quemaba el papel en el proceso de secado.

#### 2.1.4. BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora permite trabajar a escala múltiple porque, mientras el operario se mantiene siempre en su lugar y termina de trabajar con una unidad de producción, la banda le hace llegar inmediatamente otra. Los operarios y trabajadores se limitan a ubicarse en distintos puntos del recorrido de la banda transportadora y, desde allí, van revisando la producción; para decirlo de otra forma: Ningún trabajador u operario tiene que esperar a que otro termine su labor; todos pueden trabajar a la vez. [13]

Este tipo de transportadoras continuas están constituidas básicamente por una banda sinfín flexible, que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en "cabeza". Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión. [14]



**Figura 2.7** Componentes de banda transportadora [14]

El mayor problema era cuando la banda transportadora se detenía, esto sucedía por el deslizamiento o patinaje que ocurría entre la banda y el tambor motriz cuando no existe suficiente fricción entre estos, se puede apreciar un diagrama de banda transportadora en la figura. 2.7

Por este motivo la banda quedaba expuesta a los rayos UV de la lámpara de secado, y en muchas ocasiones también era expuesto el producto, lo que traía como consecuencia la incineración del papel y de la banda.



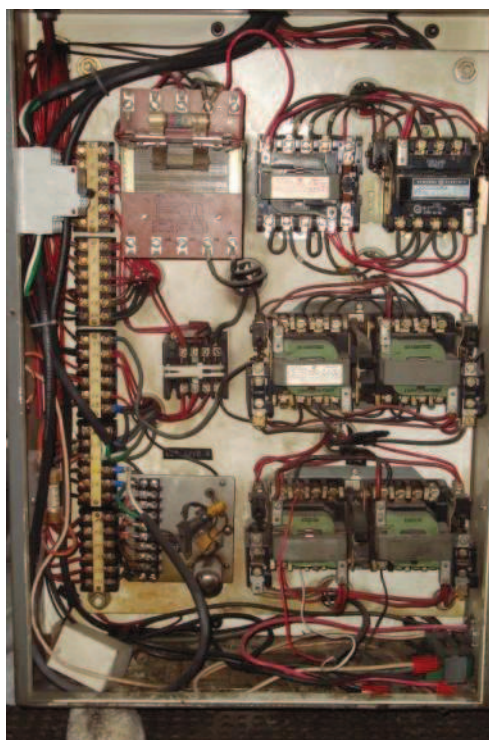
**Figura 2.8** Banda Transportadora, Imprenta Don Bosco.

### **2.1.5. TABLERO Y PANEL DE CONTROL**

El tablero de control es el responsable del accionamiento eléctrico de la máquina barnizadora, por este motivo los elementos eléctricos ubicados dentro de éste, debían estar en perfectas condiciones para que el proceso funcione correctamente; pero ese no era el caso del sistema que se estaba analizando sino todo lo contrario. Se disponía de un tablero y un panel de control con elementos muy antiguos cuya vida útil estaba a punto de terminar.

Adicionalmente, el cableado eléctrico estaba en su mayoría carbonizado por los diferentes cortos circuitos ocurridos y solidificado debido al tiempo de uso de los mismos.

Con respecto a las protecciones eléctricas este panel no contenía las necesarias y por este motivo habían ocurrido cortos circuitos; y consecutivamente el paro de la producción en la máquina.



**Figura 2.9** Vista interior del tablero de control previo a la repotenciación, Imprenta Don Bosco.

## **2.2. SOLUCIONES IMPLEMENTADAS**

### **2.2.1. PARA INGRESO DE PAPEL**

Para evitar los problemas que se tenía en el ingreso de papel, se realizó las siguientes soluciones:

1. Se separó el motor que accionaba la mesa de la máquina barnizadora.
2. Se instaló un sensor fotoeléctrico a fin de evitar los atascamientos de papel y daños en la mantilla.
3. Se colocó un fin de carrera en la mesa de ingreso de papel para mayor seguridad de las partes mecánicas de la máquina.



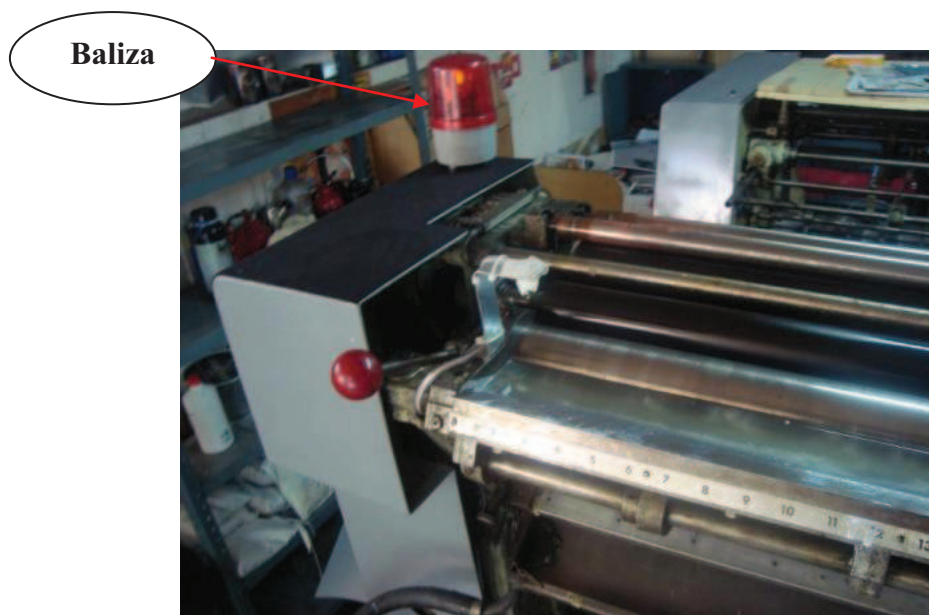
**Figura 2.10** Fin de carrera en la mesa ingreso de papel, Imprenta Don Bosco.

### **2.2.2. PARA LA MEDICION DE NIVEL DE BARNIZ**

Se instaló un sensor ultrasónico para detectar el nivel de barniz existente en la máquina barnizadora.

Adicionalmente se instaló una baliza, que alerte a los operadores cuando no exista barniz.





**Figura 2.11** Alarma de nivel de barniz, Imprenta Don Bosco.

### 2.2.3. PARA LA SECCIÓN DE SECADO

Para corregir el problema del papel que quedaba expuesto a la lámpara UV y evitar que éste se incinere cuando la banda transportadora se detenía, se detecta el paro de la banda y se procede a apagar la lámpara UV (éste análisis se realiza en solución de la banda transportadora).

Para evitar que los rayos ultravioletas lleguen a los operarios cuando se abra la tapa, se optó por colocar interruptores finales de carrera en los extremos de la tapa, que ordenan el apagado de la lámpara UV al momento de abrir la tapa.

### 2.2.4. PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Se implementó un sistema con sensores de detección; con el tambor de cola y el sensor fotoeléctrico, que nos permite detectar el movimiento de la banda transportadora.

En el tambor de cola se colocó un emisor, para que sea detectado por el sensor fotoeléctrico; de esta manera se obtiene una señal digital eléctrica, que es enviada al autómata programable

El autómata programable se encarga de leer esta señal eléctrica digital y sabe si la banda transportadora está o no en movimiento. Si la banda transportadora no está en movimiento, se apagará la lámpara de rayos UV para que no incinere la banda ni el producto.

#### **2.2.5. PARA EL TABLERO Y PANEL DE CONTROL**

El tablero de control eléctrico fue cambiado en su totalidad y reúne todas las características técnicas, cumple las expectativas del operador y está en conformidad con los estándares eléctricos.



**Figura 2.12** Tablero de control repotenciado, Imprenta Don Bosco.

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL**

El estudio de los problemas y el análisis de las soluciones conllevaron a diseñar e implementar sistemas completos para mejorar el proceso y tener una mejor eficiencia de la máquina. Un nuevo sistema de control ayuda a la producción, al operador y la empresa; además permite aumentar el tiempo de vida útil de la maquinaria.

El nuevo sistema realizado en la barnizadora UV de la Imprenta Don Bosco se divide en tres partes: el sistema eléctrico, el sistema de control mediante LOGO y el grupo de sensores. Los dispositivos eléctricos utilizados, en su mayoría son nuevos; y en algunos casos, son partes en las cuales se realizó un mantenimiento intensivo para su reutilización.

El nuevo sistema permite controlar y obtener señales en cada etapa de producción, es decir se logró acoplar el sistema de la barnizadora UV con el de la banda transportadora, que previo a la repotenciación eran dos subprocesos diferentes y que dependían uno de otro según el ajuste y trabajo del operador, ya que no tenían una relación ni eléctrica ni mecánica.

Para lograr el acople de los dos subprocesos y crear un sistema completo de control se realizó el diseño, estudio e implementación del mismo, a fin de mejorar la eficiencia del sistema y aumentar el período de vida en cada una de las partes pertenecientes a la barnizadora. El diseño se realizó mediante un análisis de ingeniería para cada etapa repotenciada y en sí para el nuevo sistema de control, considerando criterios de calidad, funcionalidad y de economía.

A continuación, en la Figura 3.1 se muestra un gráfico didáctico de la máquina barnizadora para mayor entendimiento de la ubicación de cada parte del nuevo sistema.

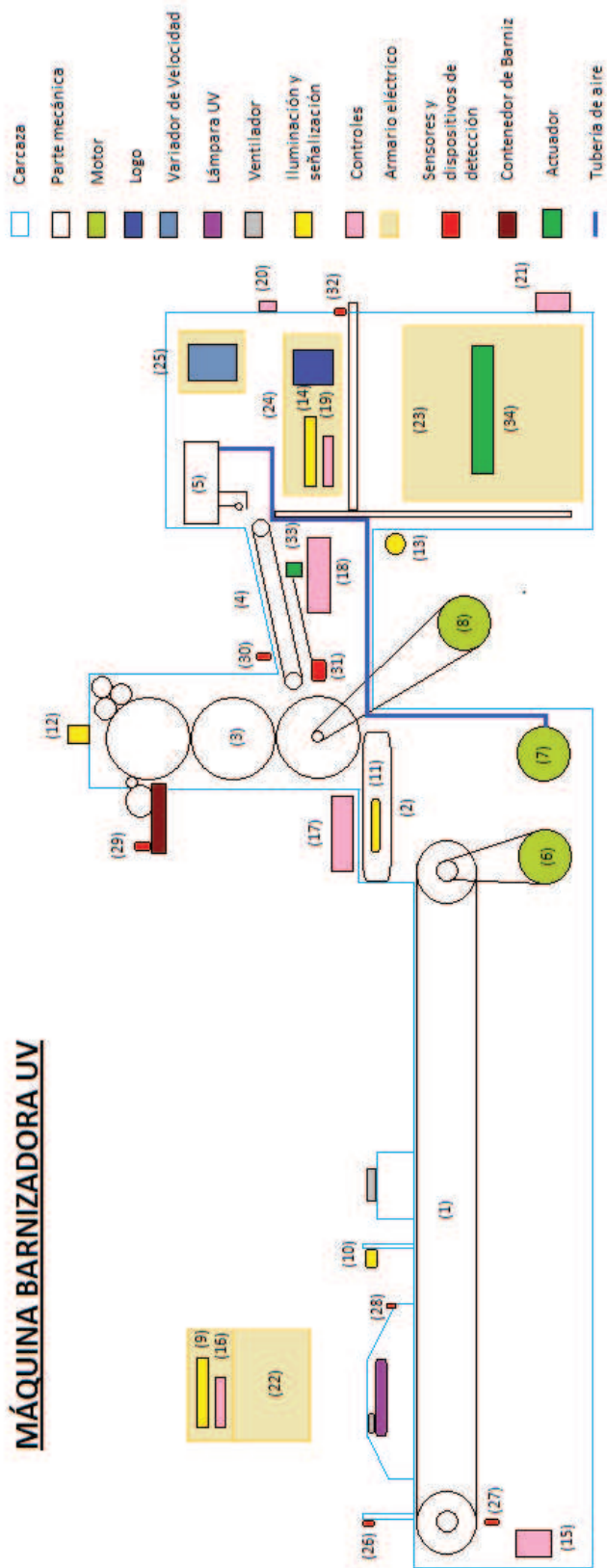


Figura 3.1 Diagrama didáctico de máquina barnizadora UV

**Partes mecánicas**

- (1) Banda Transportadora
- (2) Sistema de pinzas
- (3) Sistema de rodillos offset
- (4) Banda transportadora de ingreso
- (5) Sistema de succión

**Motores**

- (6) Motor de Banda Transportadora
- (7) Motor de compresor
- (8) Motor principal

**Iluminación y señalización**

- (9) Señalización de balastro
- (10) Reflectores
- (11) Lámpara fluorescente
- (12) Licuadora de alerta de nivel
- (13) Foco
- (14) Señalización de panel de control

**Controles**

- (15) Control en la parte de la lámpara UV
- (16) Control del balastro
- (17) Control en la parte de los rodillos
- (18) Control en la parte de ingreso hacia los rodillos
- (19) Control en el panel de control
- (20) Control en el ingreso de papel
- (21) Seccionador

**Armario eléctrico**

- (22) Balastro
- (23) Tablero de control
- (24) Panel de control

- (25) Tablero de variador de velocidad

### Sensores y dispositivos de detección

- (26) Sensor Infrarrojo contador  
 (27) Sensor Infrarrojo movimiento de la banda  
 (28) Detector de puerta UV  
 (29) Sensor de nivel de barniz  
 (30) Sensor Infrarrojo detector de papel  
 (31) Finales de carrera de presión y presencia de papel  
 (32) Fin de carrera de la mesa de papel

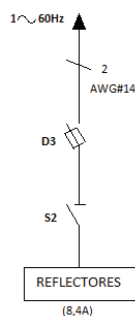
### Actuador

- (33) Actuador de paro de envío de papel  
 (34) Tablero de control

## 3.1. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En el diseño y dimensionamiento de los elementos de control, protección y señalización eléctrica, cumpliendo normas y requisitos de implementación, se analizó cada uno de ellos para tener un sistema bien estructurado.

El sistema eléctrico contiene componentes de potencia, tal como se indica en el diagrama unifilar de la figura 3.2. y 3.3.



**Figura 3.2** Diagrama unifilar reflectores

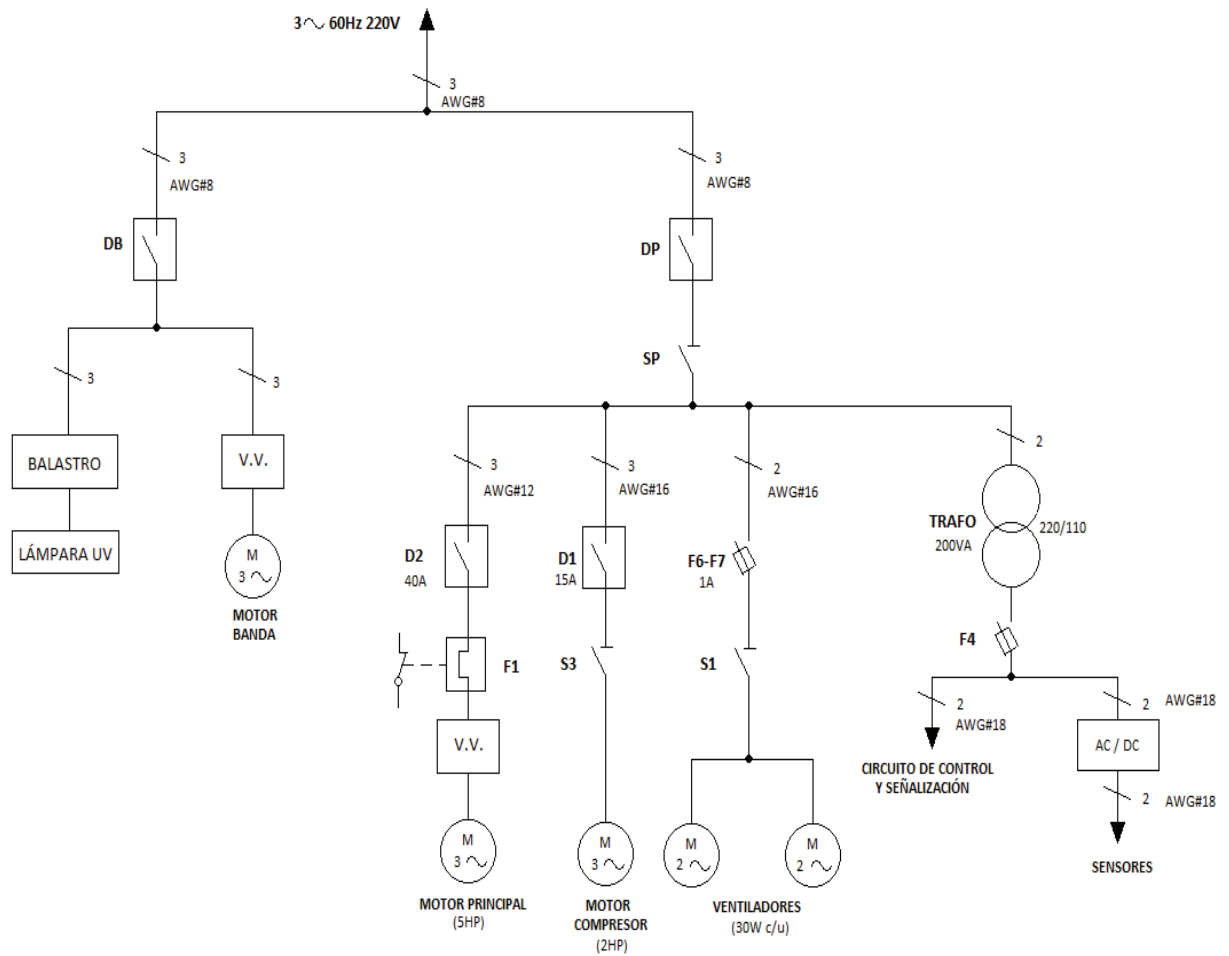


Figura 3.3 Diagrama unifilar

El circuito de potencia lo constituyen dos motores con las siguientes características:

ELEMENTO	POTENCIA [W]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE	FACTOR DE POTENCIA	RENDIMIENTO [%]
Motor Principal	3800	220V, 3φ		0,78	79,4
Motor del compresor	1520	220V, 3φ		0,80	80

### 3.1.1. DIMENSIONAMIENTO DE ALIMENTADORES

Para los alimentadores de los motores se hizo un análisis de dimensionamiento de los conductores debido a las corrientes que circulan por ellos, para evitar caídas de voltaje o sobrecalentamiento de los mismos. Para los cálculos se utilizó la corriente a plena carga.

$$I_{PC} = \frac{P}{k \cdot V \cdot f_p \cdot n} \quad [15]$$

en donde,

$I_{pc}$ , Corriente a plena carga

P, Potencia activa en vatios [W]

V, Voltaje

$f_p$ , Factor de potencia

n, Rendimiento

k, constante

k=1, sistema 1φ 2 hilos

k=2, sistema 1φ 3 hilos

k=3, sistema 3φ 4 hilos

k=√3, sistema 3φ 3 hilos [15]

La corriente de los alimentadores ( $I_A$ ) son dimensionados:

$$I_A = 1,25 * I_{PC} \quad [15]$$

El alimentador principal ( $I_{AP}$ ) para todo el sistema se dimensiona:

$$I_{AP} = 1,25 * I_{PC}(\text{más grande}) + \sum I_{PC}(\text{otros}) \quad [15]$$

### 3.1.2. DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES DEL CIRCUITO DE POTENCIA

Para el dimensionamiento de las protecciones, en el caso del motor principal (5 HP), se tiene un variador de velocidad que permite un arranque suave, por lo cual la fórmula utilizada fue:



$$I_{disyuntor} = 200\% * I_{PC} = 16,17 * 200\% = 32,34[A]$$

[15]

Para el motor del compresor (2 HP), al tener un arranque a pleno voltaje se utilizó:

$$I_{disyuntor} = 250\% * I_{PC} = 6,23 * 250\% = 15,6[A]$$

[15]

PROTECCIÓN	NOMBRE	TIPO	CAPACIDAD [A]
Motor principal	D2	Disyuntor	40
Compresor	D1	Disyuntor	15
Reflectores	D3	Disyuntor	10
Ventiladores	F6-F7	Disyuntor	1

La protección del alimentador principal la constituye un disyuntor cuyo dimensionamiento estaba dado por:

$$I_{DP} = I_{arranque}(m\acute{a}s\ grande) + \sum I_{PC}(otros) = 49,09[A]$$

[15]

la corriente nominal del disyuntor (tripolar) es de 50[A].

### 3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR PARA EL CIRCUITO DE CONTROL Y SEÑALIZACIÓN

Para obtener el voltaje requerido de 110V necesario en algunos elementos, se dimensionó un transformador de 220/110 con las potencias y factores de demanda de cada uno de ellos.

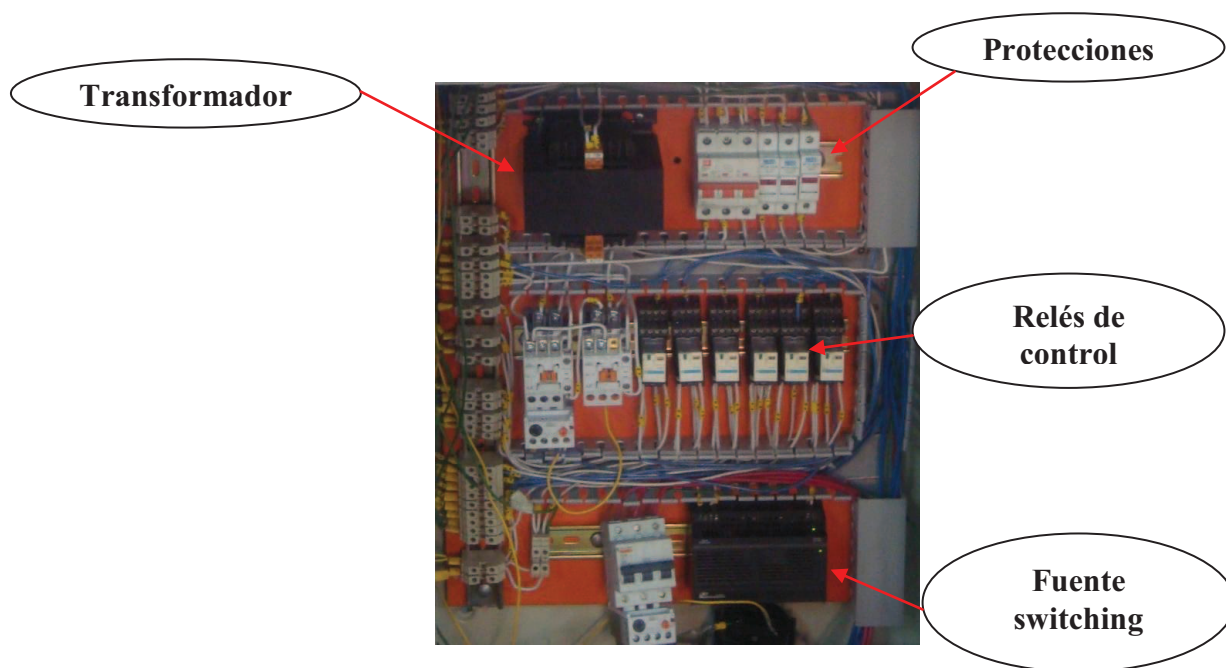
ELEMENTO	POTENCIA [W]	FACTOR DE DEMANDA	POTENCIA TOTAL [W]
Baliza de señalización	30	0,6	18
Foco	60	0,6	36
Lámpara fluorescente	40	1	40
Buzzer	30	0,5	15
LOGO	4,4	1	4,4
Luz indicadora	19,8	0,7	13,86
Sensor	0,96	0,9	0,864
Relés	3,36	1	
<b>TOTAL</b>			<b>131,484</b>

La potencia del transformador se multiplicó por un factor de ampliación de 1,25 por posibles incrementos de carga, por lo que se tiene un transformador de 200VA, con su respectiva protección de corto circuito (fusible).

## 3.2. TABLERO Y PANEL DE CONTROL

### 3.2.1. TABLERO DE CONTROL

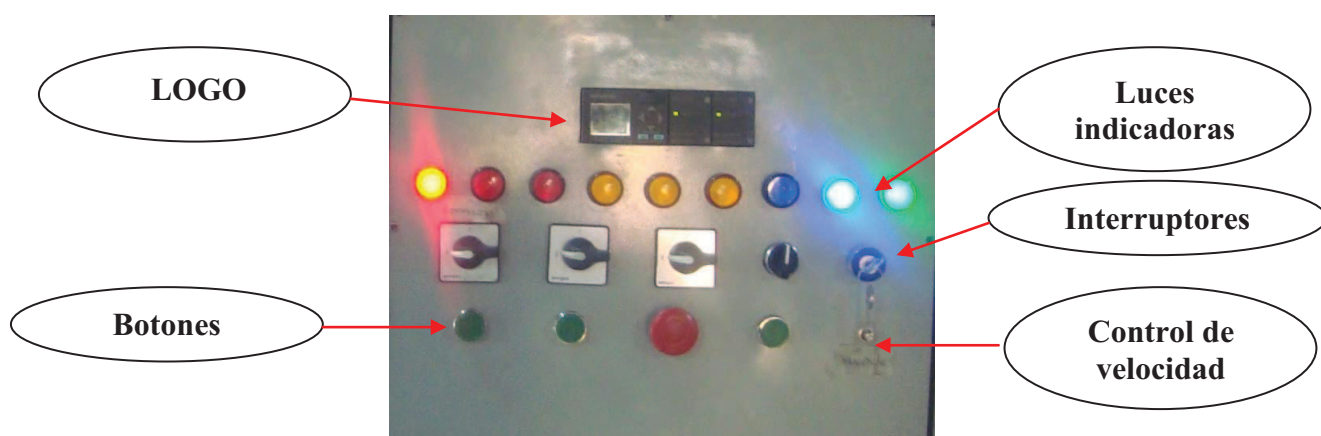
En la construcción del tablero de control se incluyó el transformador, la fuente switching, elementos de protección y control; todo sectorizado para evitar conflictos de interferencias electromagnéticas entre cada uno de los componentes.



**Figura 3.4** Tablero de control.

### 3.2.2. PANEL DE CONTROL

El panel de control contiene las luces indicadoras, interruptores, botones, el control del variador de velocidad y el controlador programable LOGO. En un estudio de costo de materiales, ante la necesidad de un contador de unidades, se determinó que el LOGO tiene muchas ventajas en comparación de un contador digital, por lo cual se utiliza su LCD como un visualizador de información.



**Figura 3.5** Panel de control.

### 3.3. SENSORES INFRARROJOS

En las aplicaciones de detección de papel y de objetos, generalmente se utiliza los sensores infrarrojos difusos, debido a su funcionamiento sin espejos ni receptores. Los sensores tienen un rango de medición de 10 cm y entregan una señal digital de 24V, en este caso, no importa el color de la impresión en el papel ya que son detectores de presencia; aunque se comprobó que existen dificultades con el color negro que en ciertas ocasiones fueron aprovechadas.

El sensor detecta la presencia de papel en la entrada de los rodillos, para que estos se encuentren sin presión en el momento que no exista papel ingresando al sistema offset. La interrupción de envío de papel hacia los rodillos se debe a que un mecanismo de detección de doble papel detiene a los mismos y la función del sensor es detener el envío de material para que no se aglomere.



**Figura 3.6** Sensor infrarrojo para detectar presencia de papel.

En la salida del producto, existe otro sensor que se utiliza como emisor de pulsos, cuya señal va al autómata programable (LOGO) para crear un contador de unidades que se visualiza en la pantalla.



**Figura 3.7** Sensor infrarrojo para contar producto final.

Otro sensor de este tipo es utilizado para detectar la presencia de una señal en el tambor de cola de la banda transportadora, de manera similar a un encoder. El dispositivo envía pulsos al LOGO en el momento del movimiento del eje; de esta forma se puede detectar si la banda se detuvo o no, aunque el motor siga girando. En esta ocasión se aprovechó la deficiencia en detectar el color negro, ya que se colocó una marca de ese color en el tambor.

### **3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL CON EL MÓDULO PROGRAMABLE LOGO**

El uso del módulo programable LOGO OBA6 para realizar el nuevo sistema de control, conllevó a utilizar el software de programación y transferencia de datos LOGO!Soft Comfort Versión 6.1 provisto por SIEMENS. Este software permite tener dos opciones de programación: LADDER y FBD. Además, gracias a la versión del dispositivo (OBA6), se pudo programar la pantalla LCD mediante funciones incorporadas en el software. Por último, la transferencia de datos y del

programa desde el computador al dispositivo programable, se efectuó con el LOGO!Soft mediante un cable de comunicación SIEMENS para LOGO.

Para este proyecto se escogió la opción de programar en FBD debido a las ventajas gráficas que se pueden tener al momento de plasmar cada función en el entorno de trabajo del software. FBD permite utilizar operadores lógicas como AND, OR, NOT, NOR, NAND, entre otros; y funciones especiales como relés de tiempo, enclavadores, contadores, textos de aviso, etc. Estas herramientas proporcionadas por el software y que se maneja con FBD, fueron útiles y suficientes para la implementación del sistema de control mediante el dispositivo seleccionado.

El software de LOGO reconoce los módulos de expansión que se acoplan al controlador, sin requerir de alguna pre instalación o de algún programa diferente. LOGO!Soft asigna las entradas y salidas automáticamente, y en el caso del sistema de control para la barnizadora, donde se utilizó quince entradas y doce salida con dos módulos de expansión, el programa los tenía listos para el trabajo.

Para poder entender el programa de control para la Barnizadora UV, es primordial saber cuáles son las entradas y salidas utilizadas, y una breve explicación de las mismas. A continuación se muestra una tabla con la información necesaria:

### Entradas

Nombre	Entrada	Breve Explicación
Térmico Motor Principal	I1	Es la señal de un relé térmico puesto en las líneas del motor, que se acciona en caso de una sobrecarga en el motor.
Puerta UV	I2	Es la señal que informa que la puerta de la lámpara

*Sigue Tabla*

## Viene Tabla

		UV está abierta.
Sensor Contador	I3	Es la señal de un sensor infrarrojo instalado en la salida del producto que permite contarlos.
Sensor Mov. Banda	I4	Es la señal de un sensor infrarrojo instalado en el eje de la banda transportadora, que informa si está moviéndose.
Sensor Detector Papel	I5	Es la señal de un sensor infrarrojo instalado en el ingreso de papel hacia los rodillos, que permite detectar la presencia de papel.
FC Detec. Papel	I6	Es un dispositivo que permite activar la detección de papel, en determinado momento, para lograr la sincronización.
RUN	I7	Botón normalmente abierto para poner en funcionamiento al motor.
STOP	I8	Botón normalmente cerrado que sirve para detener el motor.
INCH	I9	Botón normalmente abierto para poner en funcionamiento al motor, mientras se lo tiene presionado.
REVERSE	I10	Botón normalmente abierto para poner en funcionamiento al motor en el otro sentido de giro, mientras se lo tiene presionado.
Encerador	I12	Pone en cero el contador digital
Palanca	I13	Interruptor de palanca que acciona el actuador de desconexión del ingreso de papel.
Presión	I14	Dispositivo que indica cuando los rodillos están con presión para barnizar.
Manual/Automático	I15	Selector que permite escoger el funcionamiento entre manual y automático.
FC Mesa	I16	Dispositivo que indica la máxima posición de la mesa de ingreso de papel.

## Salidas

Nombre	Salida	Breve Explicación
Motor principal	Q1	Permite accionar el motor.
Motor principal reversa	Q2	Permite accionar el motor en el sentido de giro inverso.
LP UV	Q3	Luz piloto que indica puerta UV abierta.
LP Banda	Q4	Luz piloto que indica que la banda transportadora se detuvo.
LP Papel	Q5	Luz piloto que indica que el ingreso de papel se detuvo por el sensor detector de papel.
LP Motor	Q6	Luz piloto que indica que el motor está funcionando.
LP Motor reversa	Q7	Luz piloto que indica que el motor está funcionando en el sentido de giro inverso.
Buzzer	Q8	Alarma que indica el período inicial mientras se pulsó el botón, hasta que funciona el motor en cualquier sentido.
Desconexión UV	Q9	Apaga la lámpara UV
Act. Ingreso de papel	Q10	Enciende el actuador de desconexión de ingreso de papel.
Sensor Nivel	Q11	Activa el funcionamiento del sensor de nivel
LP Manual/Automático	Q12	Luz piloto que indica el estado de la máquina en manual o automático.

Además se muestra el diagrama de conexiones de entradas y salidas al LOGO y a cada uno de los módulos de expansión:



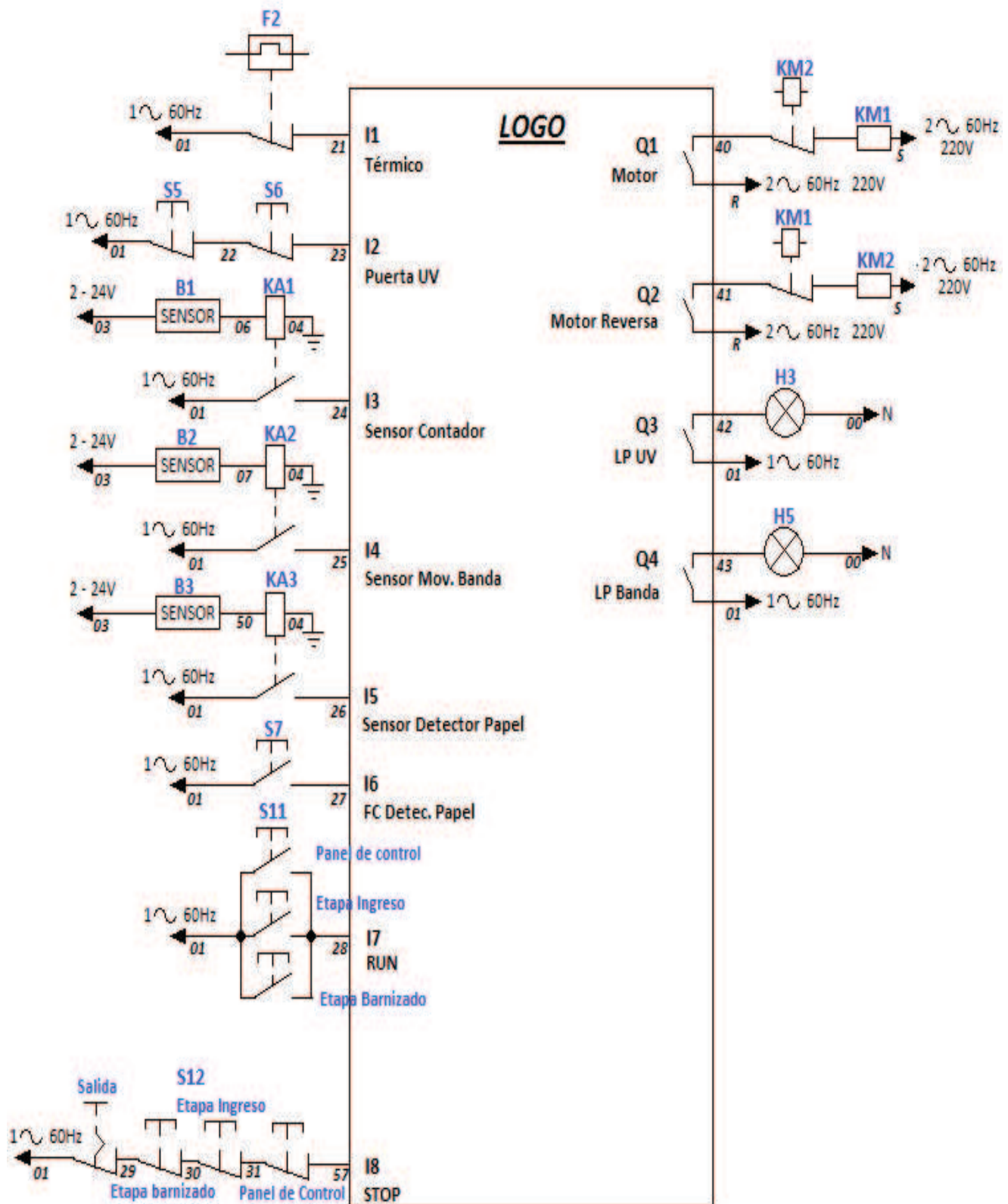


Figura 3.8 Conexión a I/O al LOGO

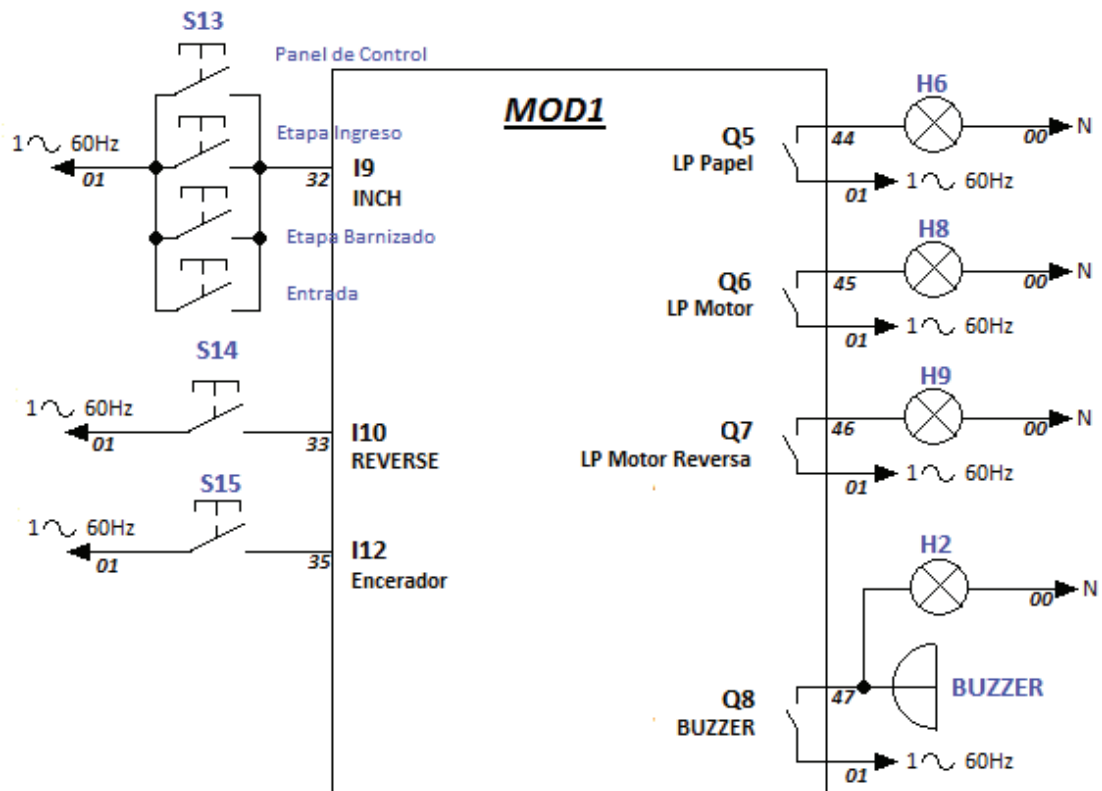


Figura 3.9 Conexión a I/O al módulo de expansión 1(MOD1)

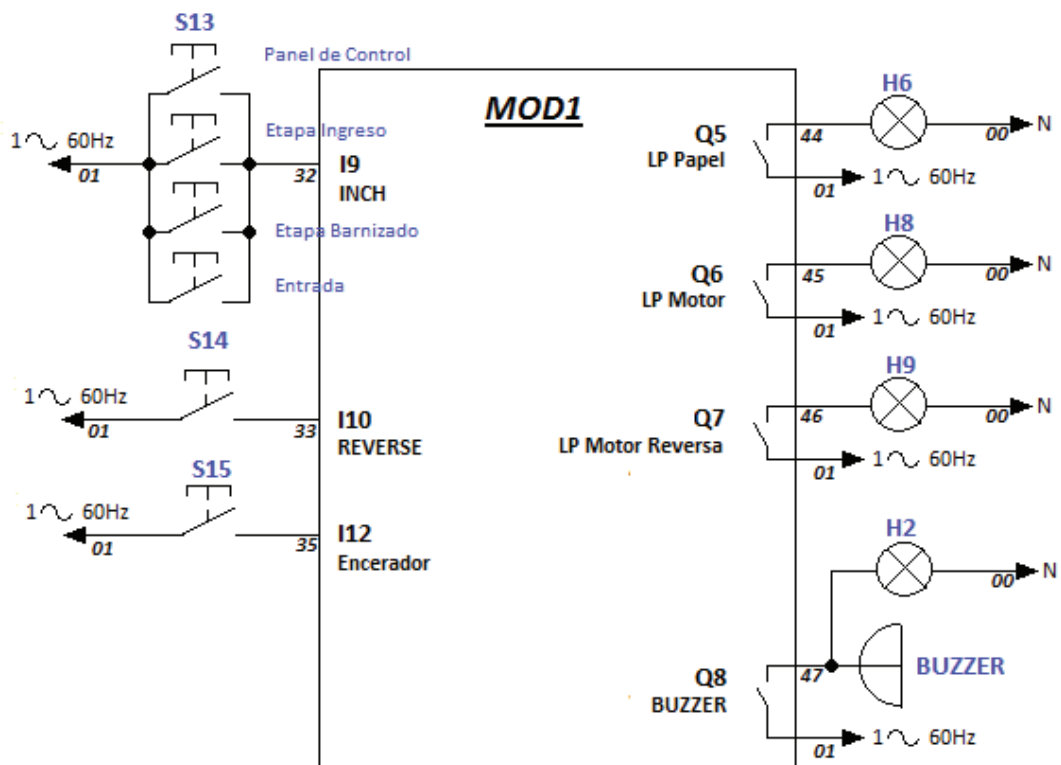


Figura 3.10 Conexión a I/O al módulo de expansión 2(MOD2)

### 3.4.1. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

El motor es el componente más importante del sistema de barnizado, ya que todo está regido por su movimiento, por lo tanto, su funcionamiento es vital y debe tener las protecciones necesarias. Además, el motor gira en dos sentidos de giro, que conlleva a evitar que los dispositivos que comandan su control nunca deban trabajar simultáneamente. Los dos casos de funcionamiento que se realizó en el programa son para motor funcionando normalmente y para motor funcionando en el sentido de giro contrario.

El primer caso de funcionamiento es cuando el motor gira en el sentido de giro de trabajo y orientado a que el papel ingrese por los rodillos y salga hacia la banda transportadora. Para controlar este sentido de movimiento tenemos tres botones o entradas hacia el LOGO: RUN, INCH, STOP; pero se toma en cuenta protecciones como Térmico motor principal, REVERSE y la salida Motor principal reversa. De ninguna manera, el motor en estado de trabajo debe funcionar cuando se está en el otro sentido de giro, ni debe seguir funcionando o empezar a moverse en el momento que el Térmico motor principal se haya activado.

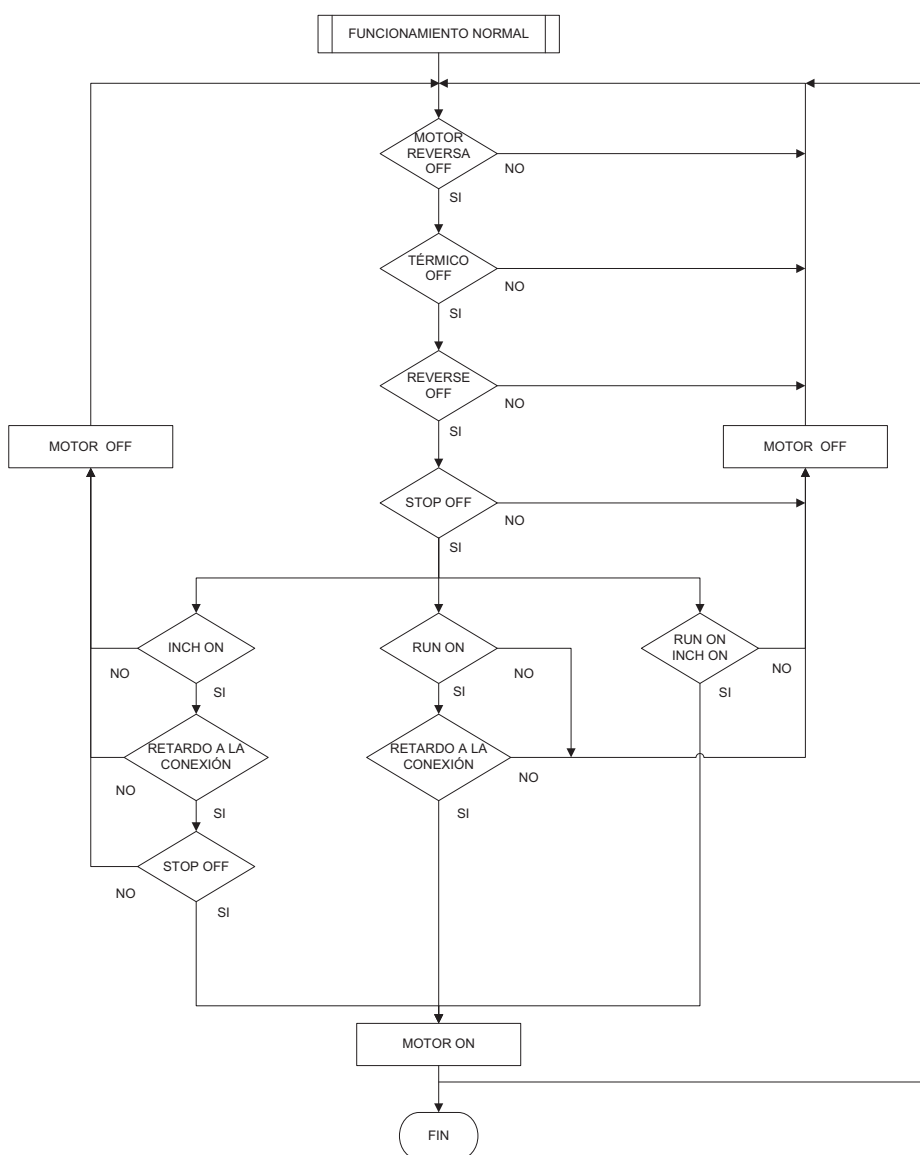
Se tiene tres posibilidades para encender al motor en el sentido de giro de trabajo, dependiendo de la activación de los botones RUN e INCH:

**Pulsos:** Cuando se presiona solamente el botón INCH, debe pasar un tiempo de un segundo aproximadamente pulsado, mientras suena la alarma de funcionamiento para que se encienda el motor. Pasado el período de encendido, el motor seguirá en operación solamente cuando esté presionado el botón. En el momento de soltar el pulsador, el motor se detendrá.

**Puesta en marcha:** Para poner a funcionar el motor indefinidamente, se usa el botón RUN, el cual debe estar presionado aproximadamente un segundo, a la vez sonará la sirena de inicio de funcionamiento. De esta forma el motor se enciende y marcha sin necesidad de tener presionado el RUN. Cuando se desea que el

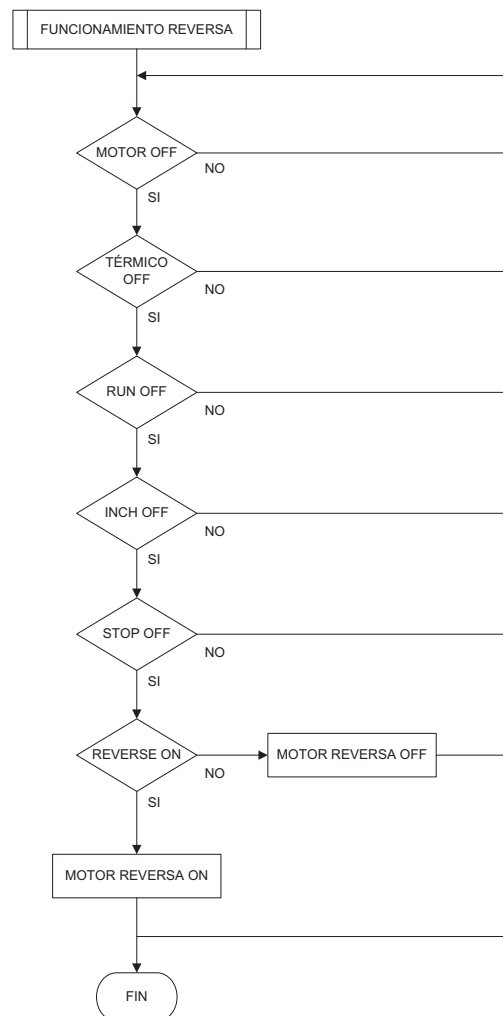
motor se detenga, se presiona el botón STOP que detiene inmediatamente al motor.

**Puesta inmediata en marcha:** En ciertas situaciones de trabajo, se necesita poner en funcionamiento inmediato al motor; para lo cual presionando al mismo tiempo los botones RUN e INCH se encenderá y funcionará continuamente. De igual forma que en la Puesta en marcha, para detener el movimiento de los rodillos, se presiona STOP.



**Figura 3.11** Diagrama de flujo de funcionamiento normal del motor

El segundo caso de operación del motor es en sentido de giro contrario, el cual no debe ser permanente sino similar a los Pulsos en trabajo normal, debido a que las partes mecánicas y el sistema de ingreso de papel no soportan el movimiento inverso pero se lo utiliza en casos de limpieza, mantenimiento y atascamiento de papel. Este funcionamiento está regido por el botón REVERSE y tiene como protecciones el INCH, RUN, STOP, Térmico motor principal y Motor principal. El modo de operación en reversa funciona cuando se pulsa REVERSE y sigue en movimiento siempre y cuando este botón este accionado. Los impedimentos para su accionamiento son que se pulse INCH o RUN, que esté accionado STOP o Térmico motor principal, o que esté en funcionamiento Motor principal.

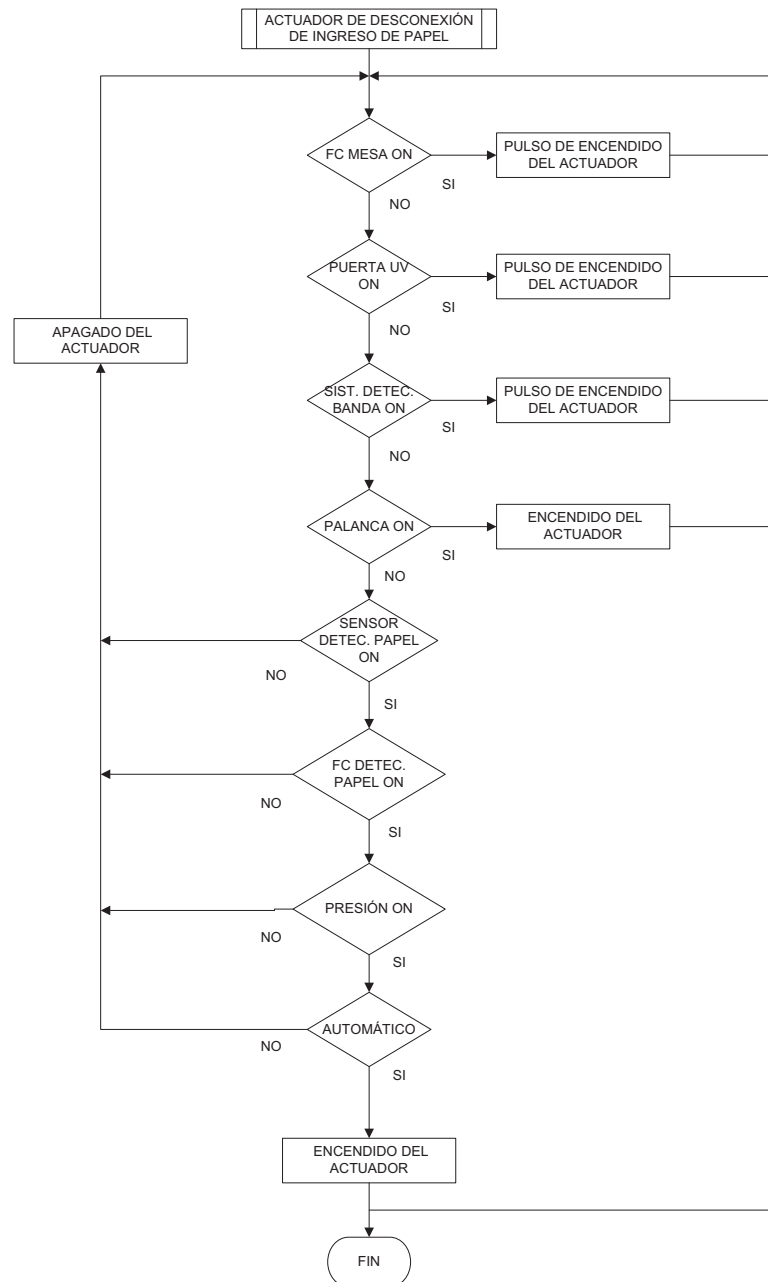


**Figura 3.12** Diagrama de flujo de funcionamiento del motor en Reversa

### 3.4.2. ACTUADOR DE APAGADO DE INGRESO DE PAPEL

El actuador de apagado de ingreso de papel, es un dispositivo que requiere un pulso de aproximadamente 100 ms para su funcionamiento, debido a que es un mecanismo electromecánico que permite desconectar la presión de los rodillos mediante a un sistema de resortes y engranajes, y detener el ingreso de papel que consta del movimiento del succionador y de la banda transportadora en la entrada de producto.

Se puede tener la desconexión del elemento mediante: la palanca, el sistema de detección de papel, el detector de movimiento de la banda transportadora, la puerta UV y el fin de carrera de la mesa. La palanca es similar a un pulsador normalmente abierto por lo que se ha colocado botones de este tipo en paralelo a la misma y en diferentes lugares para facilidad de los operadores; el accionamiento del actuador se lo hace con la activación de los mismos. La puerta UV y el fin de la carrera de la mesa envían una señal cuando están accionados, lo que puede ser un tiempo muy prolongado, por lo que se implementa en el programa una respuesta tipo pulso con el período estimado anteriormente y que accionan el actuador pero no lo deja encendido. El detector del movimiento de la banda tiene un sistema de detección por tiempos que verifican el giro del eje auxiliar de la banda transportadora, cuando ésta detecta que no hay movimiento, enviará un pulso al actuador de la misma manera que con los fines de carrera. Por último, el sistema de detección de papel, debe cumplir con las siguientes condiciones: Presión, Fin de carrera detector de papel y sensor de detector de papel encendido, y selección en modo automático; solamente cuando se cumplan todas estas condiciones, se desconectará el actuador e inmediatamente se desactivará la presión, por lo que no es necesario un pulso de encendido.



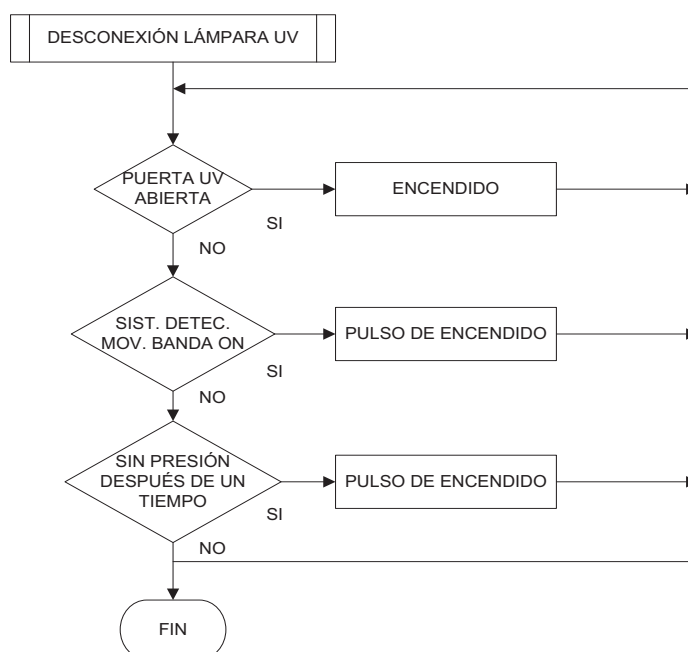
**Figura 3.13** Diagrama de flujo del Actuador de desconexión de ingreso de papel.

### 3.4.3. LÁMPARA UV

Una de las seguridades más importantes presentes en la barnizadora es la desconexión de la lámpara UV, lo que se logra mediante un contacto normalmente cerrado instalado en serie al pulsador de paro del balastro de la

misma; la activación del dispositivo debe ser inmediata en el momento que se lo requiera. Para lograr la habilitación de dicha seguridad, se tiene tres formas: mediante la apertura de la puerta de la lámpara, con el sistema de detección del movimiento de la banda transportadora y cuando la barnizadora no está siendo utilizada.

La puerta UV cuando es abierta o está mal cerrada emite una señal que indica su estado; la cual, por riesgo a los operadores no debe estar de esa manera. Para apagar la lámpara, el programa toma esta señal y en cualquiera de los dos casos la desconecta; la conexión no se la puede realizar sin que la puerta esté nuevamente bien cerrada. De igual manera, con riesgo hacia la maquinaria y específicamente con la banda y los productos en ella, el sistema de detección de movimiento de la banda transportadora cuando informa que no está moviéndose, apaga inmediatamente la lámpara. El último caso es cuando no se detecta, por cierto tiempo, que hay presión, por ahorro de energía y aumento de vida útil de la lámpara, se la desconecta. Para los eventos de apertura de la puerta y de la inexistencia por cierto tiempo de presión, se emite un pulso de desconexión que permita desconectar, pero no evitar la conexión.



**Figura 3.14** Diagrama de flujo de la desconexión de la lámpara UV.



### 3.4.4. CONTADOR Y VELOCÍMETRO

A diferencia de otros controladores, LOGO tiene una pantalla LCD incorporada en el mismo hardware, con la posibilidad de ubicar texto e indicadores de acuerdo a la programación realizada previamente. Además, en su software están incorporadas funciones que permiten trabajar con variables y sus resultados se pueden visualizar en tiempo real; ya pueden ser señales analógicas o digitales.

En la barnizadora es necesario un contador de producto final que es detectado por un sensor infrarrojo y que envía la señal al LOGO. La función Contador Adelante/Atrás permite crear un registro de productos cuando se ha escogido la opción de contador en aumento, debido a que al ingresar pulsos de señal incrementa un medidor, que además se lo puede encerrar gracias a otra entrada en la misma función, la cual externamente se realiza con un botón. Al calibrar las propiedades de la función, se pone el número mínimo en el que comienza el contador y el máximo que es el último hasta donde contará.

El LOGO OBA6 tiene incorporado una nueva función llamada Selector de Umbral, que es un frecuencímetro calibrable; con este comando se ingresa una señal y cuenta la cantidad de pulsos que ingresan en un tiempo preseleccionado y variable según las necesidades del usuario. Por ejemplo, si se desea tener la frecuencia en Hertz, se calibra el tiempo de medición en un segundo. Para el caso de la barnizadora, se mide el número de pulsos cada seis segundos y se multiplica su valor por diez, ya que de esta manera obtendremos una velocidad de productos finales por minutos pero refrescada cada seis segundos. Este algoritmo se realizó debido a que si se contara cada minuto el sistema fuera lento para cambiar de dato y midiendo cada seis segundos es relativamente rápido para refrescar su valor.

El contador y el medidor de velocidad se ubican en 2 líneas de la pantalla del LOGO. La ventaja de tener el LCD incorporado permitió un ahorro al comprar algún tipo de contador digital externo que en el mercado son costosos, en ciertos casos igualando al valor del LOGO. Además de tener funciones como el selector

de umbral que convierten al LOGO con su pantalla en un dispositivo más funcional que otros.

### **3.4.5. ADVERTENCIAS Y SEGURIDADES**

Dentro del programa y físicamente en el dispositivo de control se han colocado ciertas advertencias que son visualizadas mediante luces indicadoras por los operadores. Los avisos puestos son: Motor en funcionamiento normal, Motor en reversa, Manual/Automático, Banda detenida, Inexistencia de papel y Puerta UV abierta; cada uno accionado según algunos de los problemas detectados por el sistema de control.

En el momento de encender los rodillos, se tiene una sirena que advierte a los operadores que estos van a funcionar; pero existe un desfase entre la señal de arranque que emite el LOGO y el comienzo del movimiento, debido al variador de velocidad. El problema se solucionó mediante software permitiendo que la sirena suene aún después que la señal de arranque ya sea emitida, así el fin del sonido de la alarma significará el comienzo del funcionamiento de los rodillos.

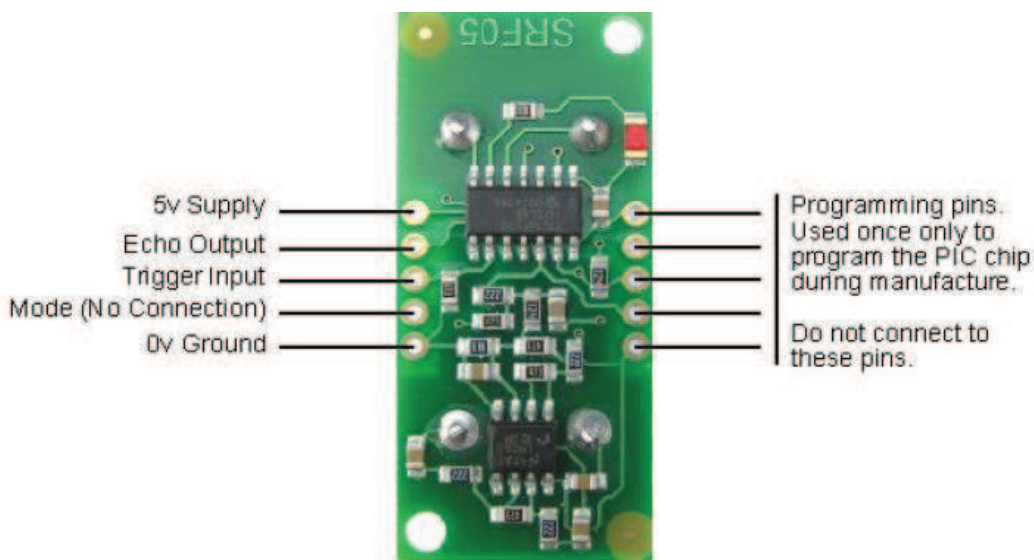
El sistema diferencia entre modo manual y automático mediante la desconexión de algunos de sus sensores, como es el caso del de nivel y del detector de papel. En el caso del sensor de nivel de barniz se desconecta para limpieza, ya que de otro modo la baliza de advertencia funcionará y causará molestias mientras se realiza este tipo de trabajo.

La señal del relé térmico del motor es enviada al controlador, el cual bloquea y detiene el funcionamiento del motor, en cualquier sentido de giro, en caso de que esté accionado el relé.

### 3.5. DISEÑO DEL SENSOR DE NIVEL

Las dificultades encontradas al medir el nivel de barniz debido a su espesura, distancia y dificultad de instalación, conllevaron a la elección de instalar un pequeño sensor de ultrasonido. El sensor es el SRF05 Ultra Sonic Ranger, el cual permite medir distancias de hasta cuatro metros y que para su funcionamiento se debe cumplir con un procedimiento que se lo realiza con un microprocesador.

Para el funcionamiento del sensor se debe enviar un pulso de mínimo 10us al pin de Trigger del mismo dispositivo, el cual al recibirlo, éste, mediante su emisor de ultrasonido, emite ocho ciclos de sonido que serán captados por el receptor ultrasónico. En el tiempo entre que se demora la señal desde su emisión hasta su llegada, se activará el pin Echo; este periodo es la señal de distancia que se obtiene y para cambiar de tiempo a distancia se tiene las siguientes relaciones:  $T[\mu s] / 58 = D[\text{cm}]$  y  $T[\mu s] / 148 = D[\text{inches}]$ . Este ciclo se debe repetir constantemente para refrescar la información y se lo debe realizar mínimo cada 50ms. [9]



**Figura 3.15** Conexión para el modo Echo/trigger. [9]

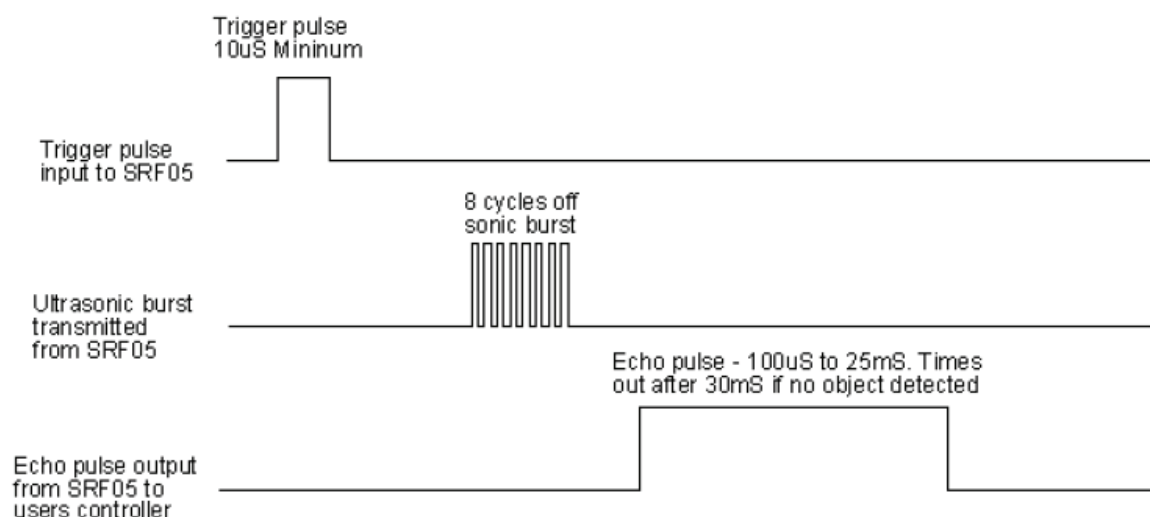


Figura 3.16 Diagrama de tiempos para el modo Ecgo/trigger. [9]

El sensor SRF05 tiene un sistema de medición por retardo de tiempo en la señal que envía; el microprocesador permite realizar mediante software todo el tratamiento de señal, además activa un relé mediante un control de histéresis de distancia. El lazo de control se lo puede calibrar mediante software y visualizar con un LCD desmontable.

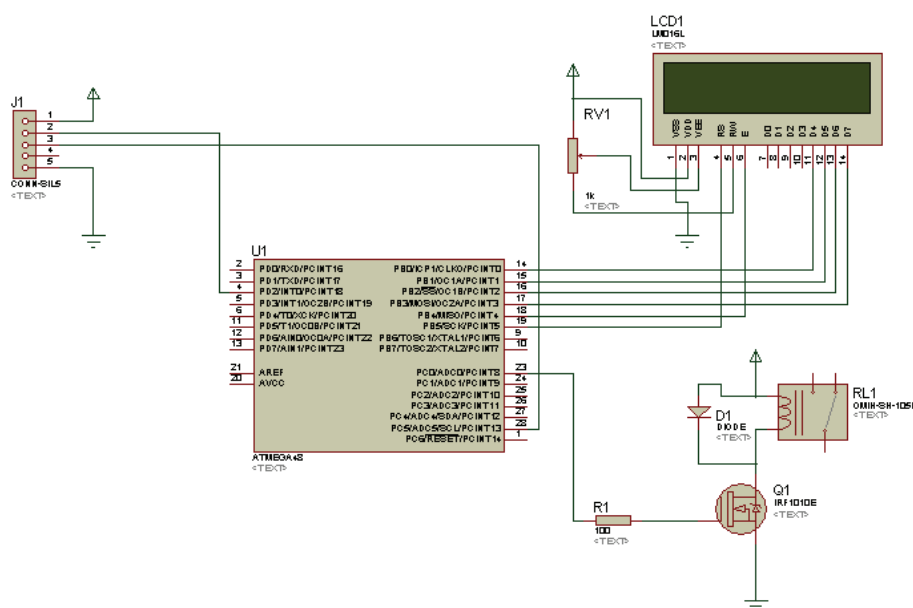
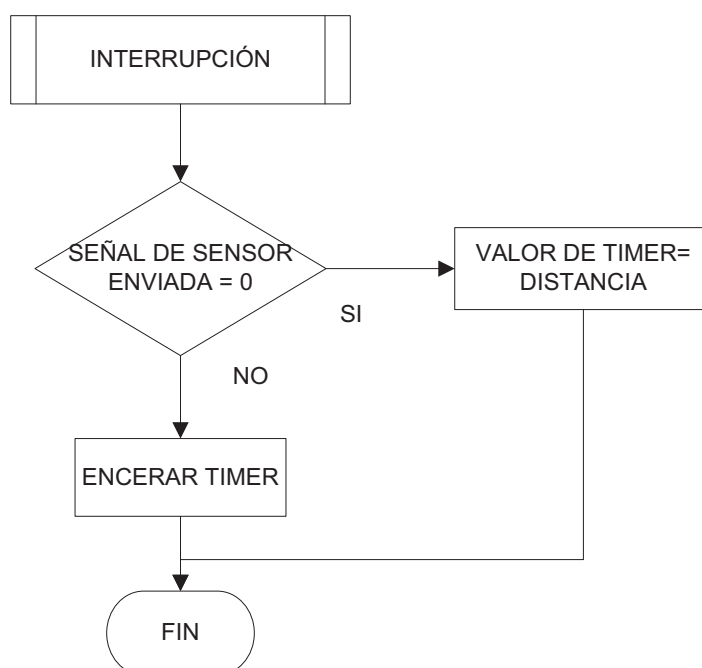
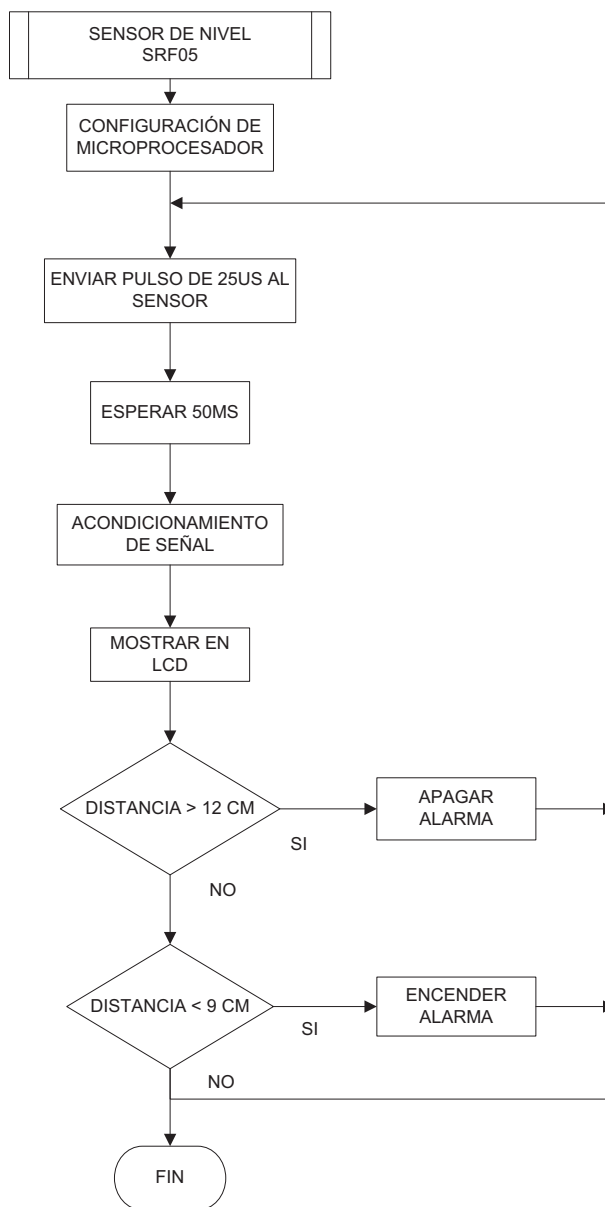


Figura 3.17 Circuito de acondicionamiento de sensor de nivel ultrasónico.

Los ciclos de trabajo del sensor de ultrasonido son realizados por un microprocesador ATMEGA48, el cual es un dispositivo pequeño de 28 pines pero que su funcionalidad es suficiente para manejar el sensor. El pulso de inicio para el sensor se realizó con activación por tiempo de pines del microprocesador. Dentro del programa se usó el Timer1 como contador con preescaler 1; el cual se activa cuando la señal enviada por el pin Echo del sensor esté en uno lógico, y se toma el valor de tiempo para convertirlo en distancia cuando seacero lógico, a la vez que se encera el contador de Timer. Además para la recepción de la señal, se utilizó interrupciones externas que permiten activar el Timer según lo expuesto anteriormente. Por último, se acondicionó la señal mediante software, se muestra la misma en un LCD y se realiza la parte de control. Al tener el valor de distancia dentro del microprocesador, se realizó un control por histéresis que activa una señal de control en un nivel bajo y la desactiva en uno alto; y esta es utilizada para activar un relé de 24V que enciende la alarma.



**Figura 3.18** Diagrama de flujo de programa de interrupción para microprocesador que controla sensor SRF05



**Figura 3.19** Diagrama de flujo de programa principal para microprocesador que controla sensor SRF05

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

En toda automatización y repotenciación industrial, es muy necesario realizar un análisis de funcionamiento antes y después de la implementación, en cada uno de los componentes, dispositivos y subprocesos que están inmersos en el control. En éste capítulo se describe las pruebas que fueron realizadas para comprobar la funcionalidad, rendimiento y seguridad que aporta el nuevo sistema.

La verificación del proceso automatizado se basó en pruebas de los nuevos dispositivos antes de la puesta en marcha, comprobación de conexiones, seguimiento del proceso con la lógica de control, análisis de producción y verificación del ahorro de energía

#### **4.1. PRUEBAS ELÉCTRICAS**

Previo a la instalación del sistema, se comprobó el buen funcionamiento de los dispositivos a reutilizarse después de haber realizado el mantenimiento respectivo. En los nuevos componentes, se verificó el cumplimiento de los requerimientos y su operatividad.

Una vez finalizado la implementación del sistema de control de la máquina barnizadora, se realizaron las siguientes pruebas eléctricas:

1. Mediante pruebas de continuidad, se verificó que todas las conexiones eléctricas entre los dispositivos, el tablero y el panel de control estén bien realizadas y ajustadas.
2. Se prueba la alimentación general.
3. Se alimentaron motores, fuente, transformador, sensores, LOGO, variador de velocidad y relés, por separado, para comprobar su buen funcionamiento.

4. Se energizó todo el sistema conectado completamente, a fin de detectar posibles fallos eléctricos.

Para comprobar la funcionalidad de la lógica de control del LOGO, se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se probó el funcionamiento de los actuadores eléctricos con programas de control únicos para esos dispositivos.
2. Se cargó el programa completo en el controlador y se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema completo.
3. Los errores encontrados en la primera lógica del programa fueron:
  - a. Tiempo largo de encendido del motor
  - b. Tiempo largo de activación de señales para accionar seguridades
  - c. Lógica de activación de algunos sensores contraria a la requerida, ya sea inversa o directa
  - d. Frecuencia lenta de cambio de información en la pantalla del LOGO
  - e. Modos de accionamiento del motor no eficientes.
4. Se hicieron cambios en el programa de control debido a sugerencias de los operadores y a los errores encontrados, y se realizó nuevamente pruebas de funcionamiento del proceso completo.

Con respecto a la reprogramación del variador de velocidad, debido al funcionamiento inadecuado del mismo, se realizó lo siguiente:

1. Comprobación de las conexiones de alimentación y control en el variador de velocidad.
2. Verificación de los parámetros del motor programados en el variador
3. Cambios para el arranque e inversión de giro del motor comandados por el dispositivo de velocidad.
4. Pruebas de funcionamiento con la nueva calibración

## **4.2. PRUEBAS DE PRODUCCIÓN**

La repotenciación de la máquina barnizadora tenía como objetivos ampliar la vida útil de la misma y aumentar su producción, disminuyendo tiempos y



desperdicios de material. Por lo tanto, el sistema de control con su nueva lógica debía cumplir con los requerimientos mencionados de tal forma que su propósito se cumpla.

Las pruebas para comprobar el ahorro de material se las realizaron tomando en cuenta la cantidad del lote de papel que se va a barnizar y el número de productos finales bien terminados. La diferencia entre estos dos valores es el desperdicio existente en el proceso de producción, debido a problemas en cada una de las fases.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de producto desperdiciado antes y después de la implementación del nuevo sistema, lo que demuestra las mejoras suscitadas en este aspecto.

Ingreso de Producto [u/día]	Salida de Producto [u/día]	Desperdicio [u/día]	Porcentaje de desperdicio antes [%]
2100	2087	13	0,619
35000	34774	226	0,646
26000	25845	155	0,596
26000	25846	154	0,592
25000	24830	170	0,680
40000	39726	274	0,685
6000	5953	47	0,783
40000	39799	201	0,503
20000	19859	141	0,705
20000	19881	119	0,595

**Tabla 4.1** Cálculo de desperdicio previo a la repotenciación

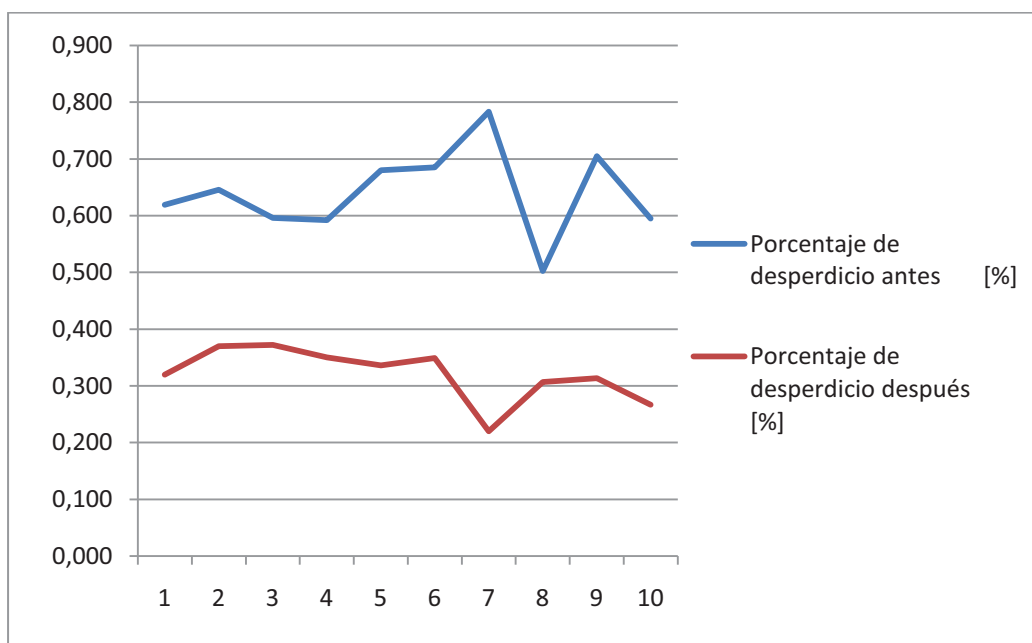
Ingreso de Producto [u/día]	Salida de Producto [u/día]	Desperdicio [u/día]	Porcentaje de desperdicio después [%]
10000	9968	32	0,320

*Sigue Tabla*

Viene Tabla

50000	49815	185	0,370
50000	49814	186	0,372
50000	49825	175	0,350
50000	49832	168	0,336
45000	44843	157	0,349
5000	4989	11	0,220
15000	14954	46	0,307
15000	14953	47	0,313
15000	14960	40	0,267

**Tabla 4.2** Cálculo de desperdicio después de la repotenciación



**Figura 4.1** Comparación de desperdicio en la máquina barnizadora

Con respecto al tiempo de producción de los lotes de producto por día, se pudo demostrar que, gracias al nuevo sistema de control, se ahorra tiempo en aproximadamente 12,5%; es decir, diariamente se procesó una misma cantidad de papel en una hora antes, en comparación a la situación anterior.

### 4.3. CONSUMO DE ENERGÍA

Otro de los propósitos del nuevo sistema de control fue la reducción de consumo de energía, a fin de bajar costos de producción para la empresa, aumentar el tiempo de vida útil de varios dispositivos de la máquina y de apoyar con el mejor uso de energía en el mundo.

Las acciones llevadas a cabo para disminuir el consumo de energía fueron:

- Se realizó un mejor control sobre el encendido y apagado de la lámpara UV, que es uno de los elementos de mayor consumo. La estrategia fue simple: mantenerla apagada en los momentos en que no se la requería.
- Se instaló sensores y elementos de señalización de bajo consumo de energía.
- Una limpieza total de contactos eléctricos, a fin de disminuir la resistencia de contacto y, consecuentemente, la energía disipada en calor.

Una vez puesto en operación y producción el nuevo sistema, se realizó pruebas durante quince días para determinar los tiempos de encendido evitados de la lámpara UV, obteniéndose los siguientes resultados.

Potencia de la lámpara	9200 [W]
Tiempo de trabajo en 15 días	94,5 [horas]
Tiempo de encendido evitado por el nuevo sistema de control en 15 días	2,7 [horas]
Ahorro de energía mensual aproximado	$2,7[\text{horas}] \times 2 \times 9,2[\text{KW}] = 49,68 [\text{KWh}]$

### 4.4. COSTO Y TIEMPO DEL PROYECTO

El nuevo sistema de control fue una inversión realizada por la Imprenta Don Bosco, en un plan por mejorar la productividad en el área de barnizado y por evitar paros de producción total de la imprenta; debido a que el barnizado es un

eslabón principal en la cadena de producción de libros, el cual es su producto principal.

El costo aproximado del proyecto consta de todos los componentes eléctricos y electrónicos necesarios para la implementación, de los materiales utilizados y de los sueldos por servicios prestados a dos personas. El resultado se muestra a continuación:

<b>Descripción</b>	<b>Costo (dólares)</b>
Tablero y panel de control	1670
LOGO y módulos de expansión	550
Sensores infrarrojos	360
Sensor de nivel	65
Cables	55
Materiales	60
Sueldo por servicios prestados	1000
<b>TOTAL</b>	<b>3760</b>

El proyecto comenzó en enero de 2010, a partir de ese día se realizó un análisis de la máquina barnizadora, diseño del sistema, propuesta de costos del proyecto, aprobación por parte de la empresa, adquisición de material, implementación del nuevo sistema y pruebas en el sistema implementado. La entrega de la máquina fue en junio de 2010, pero cabe resaltar que la máquina trabaja seis días a la semana y el tiempo aumentó por las indisponibilidad de la misma.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Mediante este proyecto de titulación, se logró repotenciar la máquina barnizadora UV de la imprenta Don Bosco, que adolecía de muchas deficiencias electromecánicas, en el sistema de control, de seguridad para el operador y de productividad
- Para el diseño e implementación del nuevo sistema de control, previamente se realizó un estudio minucioso del funcionamiento y de los problemas más evidentes de la máquina barnizadora; ante lo cual se analizaron algunas alternativas de solución y se establecieron requerimientos de nuevos dispositivos de control y mando, que al final permitieron obtener un proceso mejorado.
- Al repotenciar la máquina, se ha logrado extender, su vida útil por unos años más, hasta que la Imprenta Don Bosco, esté en capacidad financiera para reemplazarla.
- La utilización del micro PLC Logo, fue una buena alternativa económica para este proyecto, ya que además de su bajo costo frente a sus similares, sus últimas versiones ofrecen capacidades de control y visualización adicionales.
- Los sensores utilizados, tanto para la detección de nivel de barniz, como para detectar el movimiento de la banda transportadora, estimamos que fueron los más adecuados ya que permitieron lograr la funcionalidad requerida.

- Luego de las pruebas de producción realizadas y de los resultados logrados , consideramos que se han cumplido los objetivos y alcance propuesto en este proyecto de titulación.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Un plan de mantenimiento preventivo y correctivo es necesario que se ponga en marcha, a fin de extender la vida útil de la máquina; la que, aunque repotenciada, ya tiene muchos años en operación.
- Se recomienda mantener una correcta ubicación y calibración de los sensores infrarrojos, ya que una detección incorrecta afectará seriamente el proceso.
- Se recomienda a los operadores tener mayor cuidado con la manipulación de barniz, ya que se podría filtrar a los dispositivos eléctricos causando daños o atascamientos, que podrían perjudicar al funcionamiento de la máquina.
- Se recomienda a los operadores leer el nuevo manual de operación de la máquina, ya que les ayudaría solucionar problemas de manera inmediata.
- Tener cuidado al momento de trabajar con la lámpara UV, ya que su alta radiación, junto con el calor provocado, pueden afectar al operador y a otras partes del sistema.

## GLOSARIO

**Tipografía.-** Los textos se funden en plomo y las ilustraciones en planchas mecánicas. La zona impresora está en relieve. Al pasar por arriba los rodillos entintadores, la tinta se deposita solo sobre las partes levantadas y de ellas pasa el papel.

**Huecograbado.-** El texto y las ilustraciones son grabados en hueco en la superficie de un cilindro metálico. Distribuida la tinta, se elimina con una cuchilla el exceso y se presiona contra el papel para que se quede el impreso.

**Cristal Wood.-** fue desarrollado por Robert Williams Wood (1868-1955) como un filtro de luz usado en las comunicaciones durante la Primera Guerra Mundial. Su técnica de radiación invisible funcionaba tanto en las comunicaciones diurnas por infrarrojos, como en las comunicaciones nocturnas por ultravioletas. Su filtro de cristal eliminaba los componentes visibles del rayo de luz, dejando solamente la radiación invisible. El cristal de Wood se usa comúnmente como envolvente de las lámparas fluorescentes de luz ultravioleta (luz negra).

**Estibe.-** Distribuir de manera adecuada la carga de una embarcación.

**Acanalar.-** Que pasa por un canal o lugar estrecho

**Sinterización.-** Es el tratamiento térmico de un polvo a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

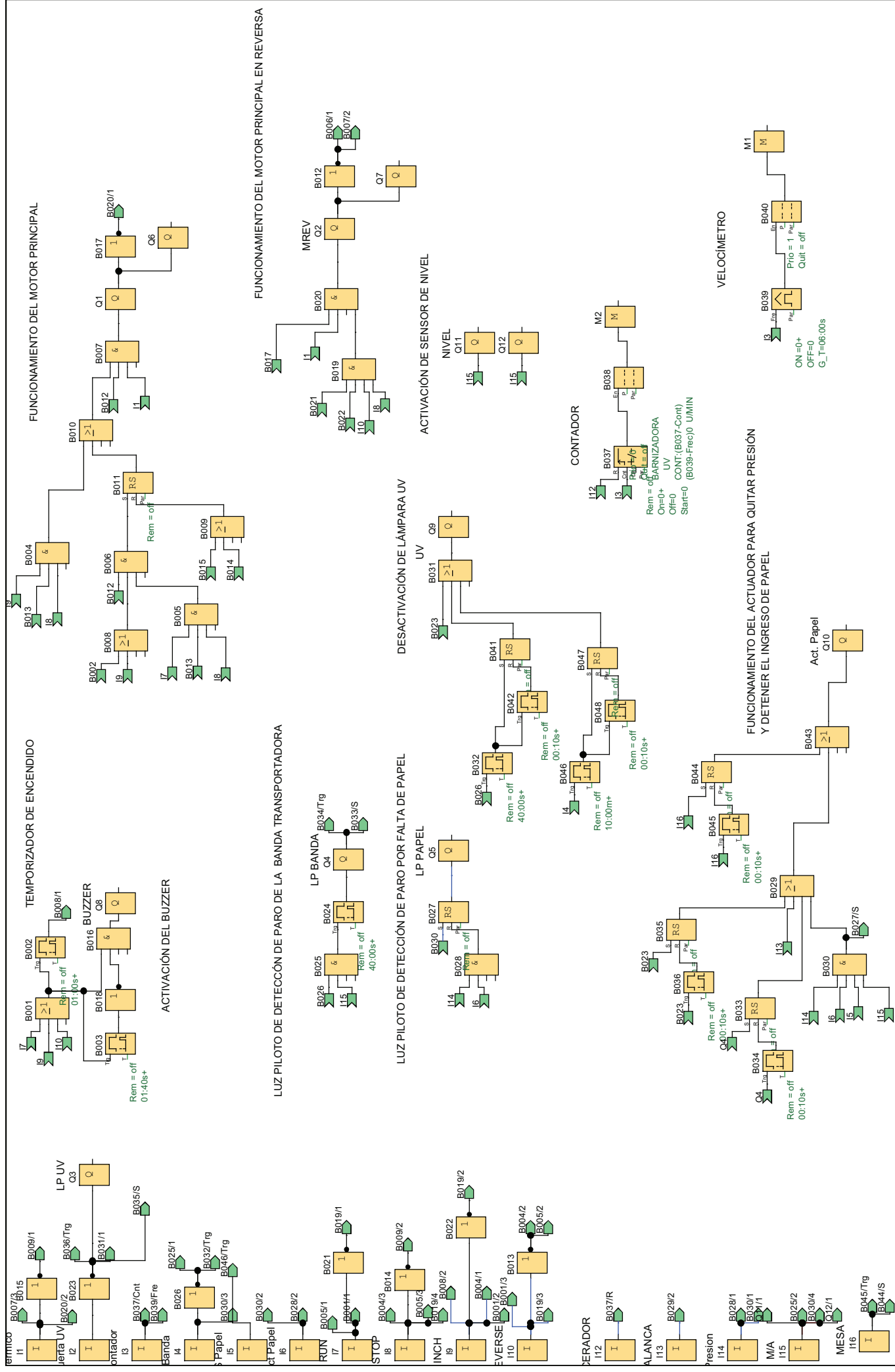
- [1] **WIKIPEDIA**, “Imprenta”, <http://es.wikipedia.org/wiki/Imprenta>
- [2] **FOROZ**, “Guía de diseño e impresión industrial”, <http://www.foroz.org/guia-de-diseno-e-impresion-industrial.html>
- [3] **GRUPO EDITORIAL OCÉANO**, Enciclopedia Autodidáctica Océano. Primera Edición. Ediciones Océano-Éxito S.A. España. 1987
- [4] **ULTRAVIOLETAS EN IMPRESIONES S.A.**, “Plastificado brillante y mate”, <http://www.uvisa.com.mx/10.html>
- [5] **REVISTA OPORTUNIDAD GRÁFICA**, Graphic innovations SA de CV, No. 138
- [6] **HIPERLUMEN**, “Fibras de papel”, <http://www.hiperlumen.com.mx/blogpapel/?cat=12>
- [7] **BERTRAND ERIC**, Alternative topological approaches to the electronic lamp ballast, Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos, 1997
- [8] **WIKIPEDIA**, “Radiación ultravioleta”, [http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_ultravioleta](http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ultravioleta)
- [9] **ALL POWER MICROCONTROLLER**, “SRF05 Ultra-Sonic Ranger Technical Specification”, [www.apm-micro.net](http://www.apm-micro.net)
- [10] **LINFRAG**, Novedades, <http://www.lingraf.com.pe/novedades.html>
- [11] **ALBAMAC**, [www.albamac.com](http://www.albamac.com)
- [12] **GARAPEN**, “Sensores Fotoeléctricos”, [http://www.garapen.es/imgnoticias/041110171700-17\\_Sensores\\_fotoelectricos.pdf](http://www.garapen.es/imgnoticias/041110171700-17_Sensores_fotoelectricos.pdf)



- [13] **TECNOSITIO**, “Cintas Transportadoras”,  
<http://www.tecnositio.com/maquinas/cintas-transportadoras.html>
- [14] **RINCÓN DEL VAGO**, “Rodillos y cintas transportadoras”,  
<http://html.rincondelvago.com/rodillos-y-cintas-transportadoras.html>
- [15] **AVILÉS FAUSTO**, “Instalaciones Industriales”. Primera Edición. EPN.  
Quito, Ecuador. 2006

# **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**PROGRAMA DE CONTROL PARA EL LOGO**



Autor:	Wilmer Suárez - Henry Toscano	Proyecto:	Repotenciación Máquina Barnizadora UV	Cliente:	Imprenta Don Bosco & CSP
Comprobado:	Wilmer Suárez - Henry Toscano	Instalación:	Máquina Barnizadora UV	Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	21/04/10 16:16:20/08/10 14:31	archivo:	Barnizfinal.lsc	Página:	1 / 1

## ANEXO B

### PROGRAMA DE CONTROL PARA EL SENSOR DE NIVEL

```
$regfile "m48def.dat"
$crystal = 8000000
$hwstack = 32
$swstack = 10
$framesize = 40

Ddrc.5 = 1
Portc.5 = 0

Ddrc.0 = 1
Portc.0 = 1

Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdbus = 4
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.0 , Db5 = Portb.1 , Db6 = Portb.2 , Db7 =
Portb.3 , E = Portb.4 , Rs = Portb.5

On Int0 Resp
Config Int0 = Change
Enable Int0
Enable Interrupts

Config Timer1 = Timer , Prescale = 8

Dim Dis As Single
Dim Dis2 As Single
Dim A As Byte

Cls
Cursor Off

Portc.5 = 0

Do

    Portc.5 = 1
    Waitus 25
    Portc.5 = 0
```

'Microprocesador ATMEGA48

'Cristal de 8 MHz

'Configuración del Stack

'Configuración de Pórticos

'Configuración del LCD

'Configuración de interrupciones externas

'Configuración del Timer1

'Dimensionamiento de variables

'Inicialización

'Señal de 25us para activar el sensor

Waitms 52

Dis2 = Dis - 17

Dis2 = Dis2 / 58

Dis2 = Dis2 \* 10

Dis2 = Dis2 + 1

'Acondicionamiento de la señal

Locate 1 , 1

Lcd Dis2 ; " "

'Mostrar el resultado en el LCD

If Dis2 >= 11.66 Then Portc.0 = 1

If Dis2 <= 10 Then Portc.0 = 0

'Lazo de control de histéresis

Loop

Resp:

If Pind.2 = 0 Then

Dis = Timer1

Else

Timer1 = 0

End If

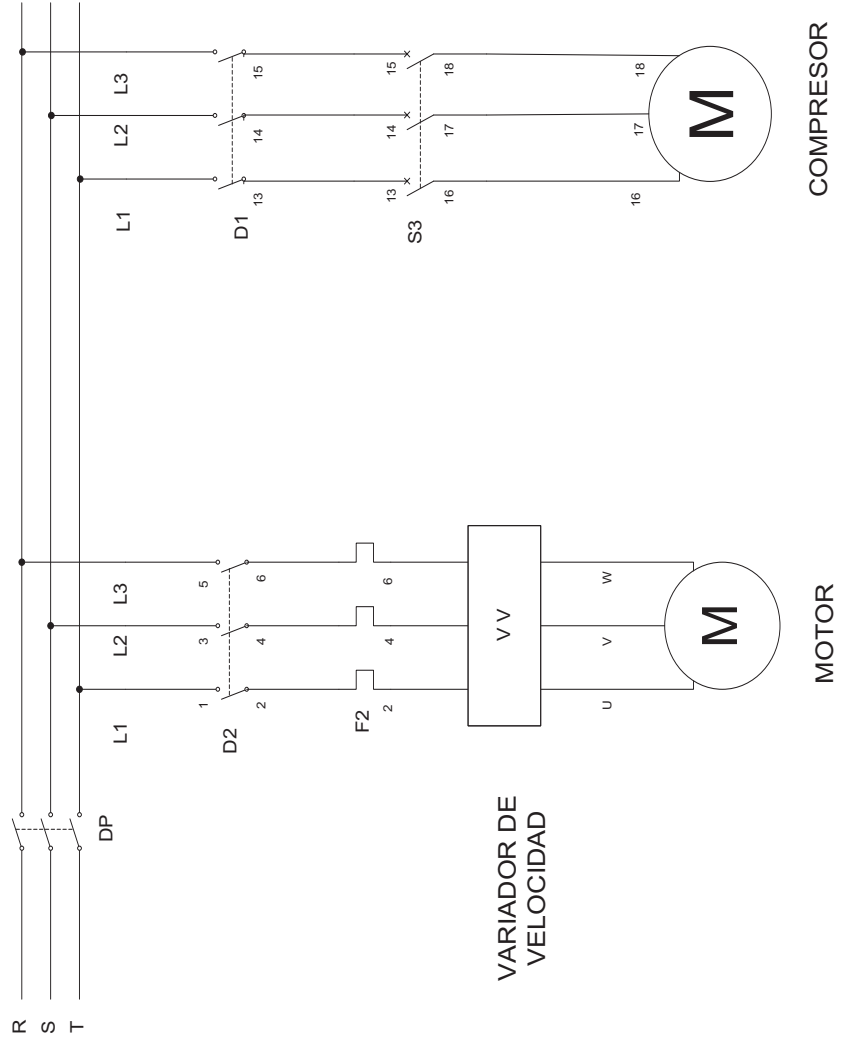
'Recepción de la señal de tiempo con timer e interrupción

Return

**ANEXO C**  
**CIRCUITOS ELÉCTRICOS IMPLEMENTADOS**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

DIAGRAMA DE POTENCIA





1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

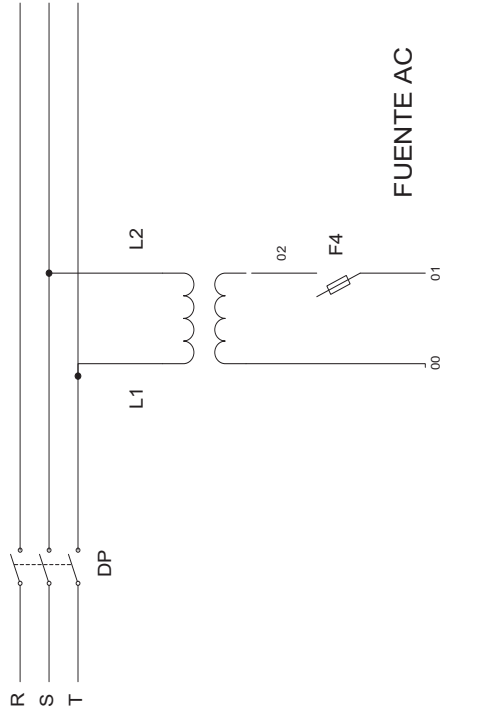
11

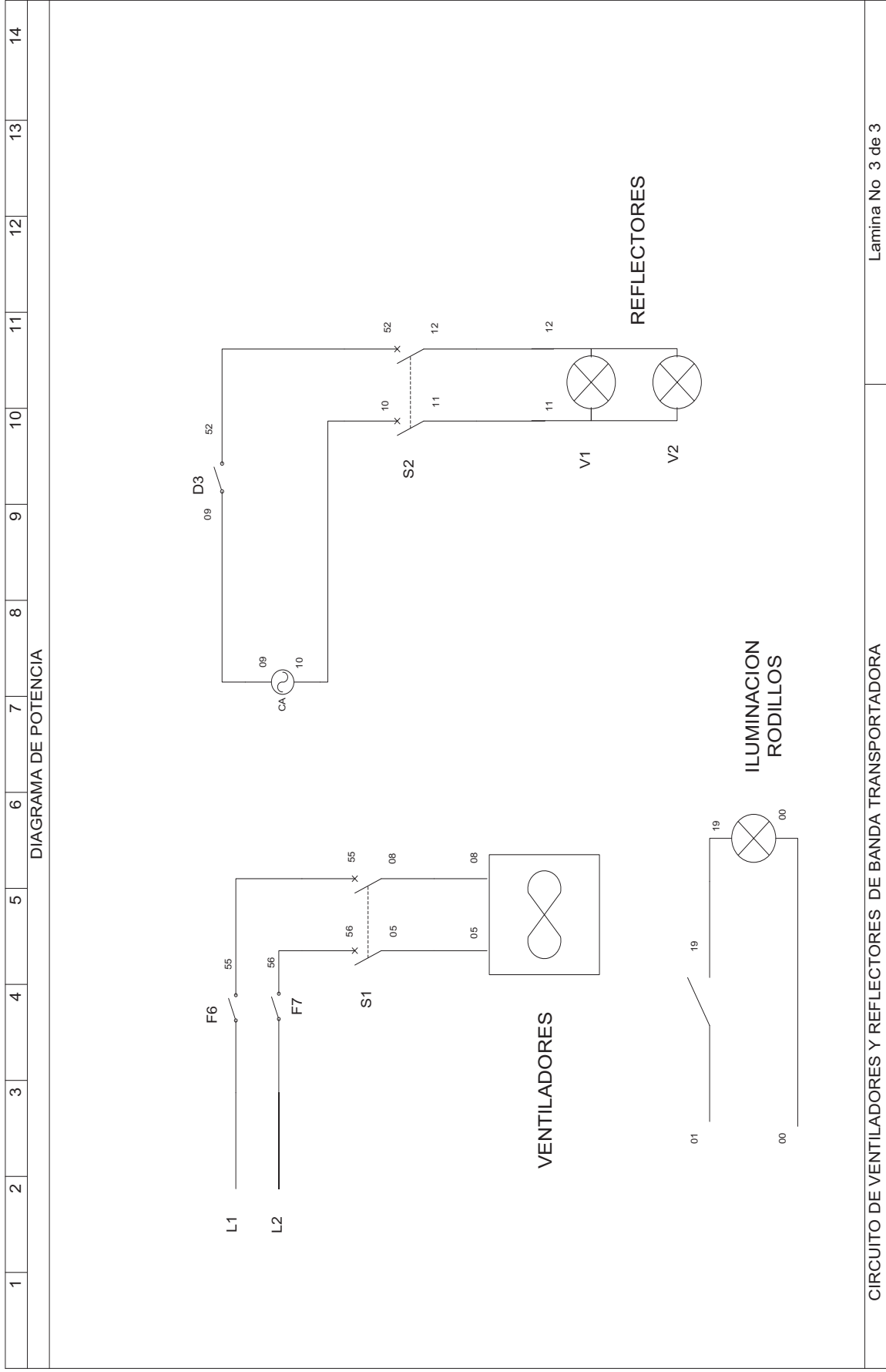
12

13

14

DIAGRAMA DE POTENCIA

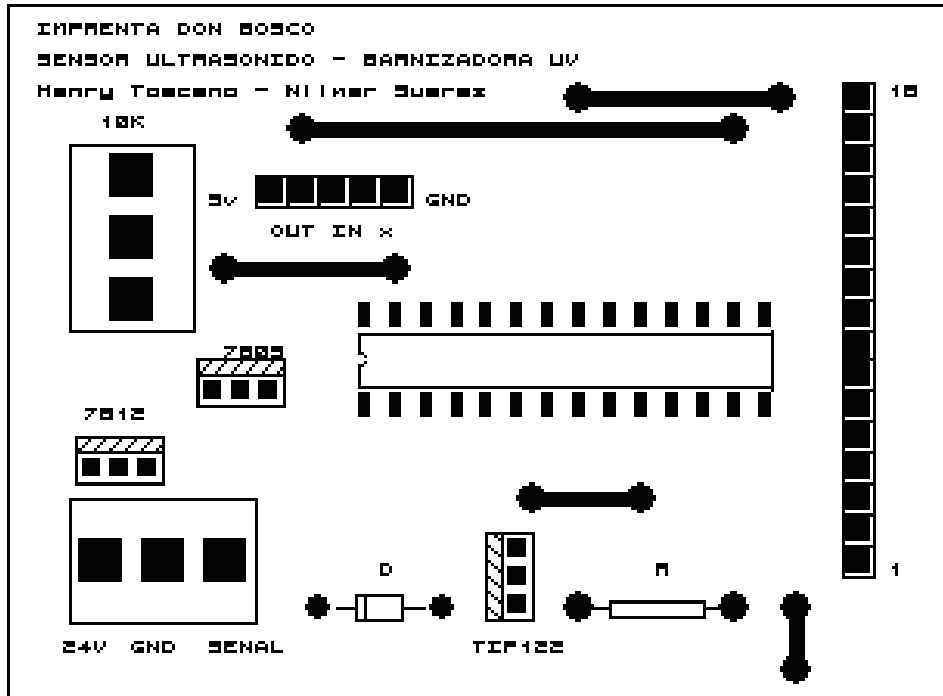



**CIRCUITO DE VENTILADORES Y REFLECTORES DE BANDA TRANSPORTADORA**

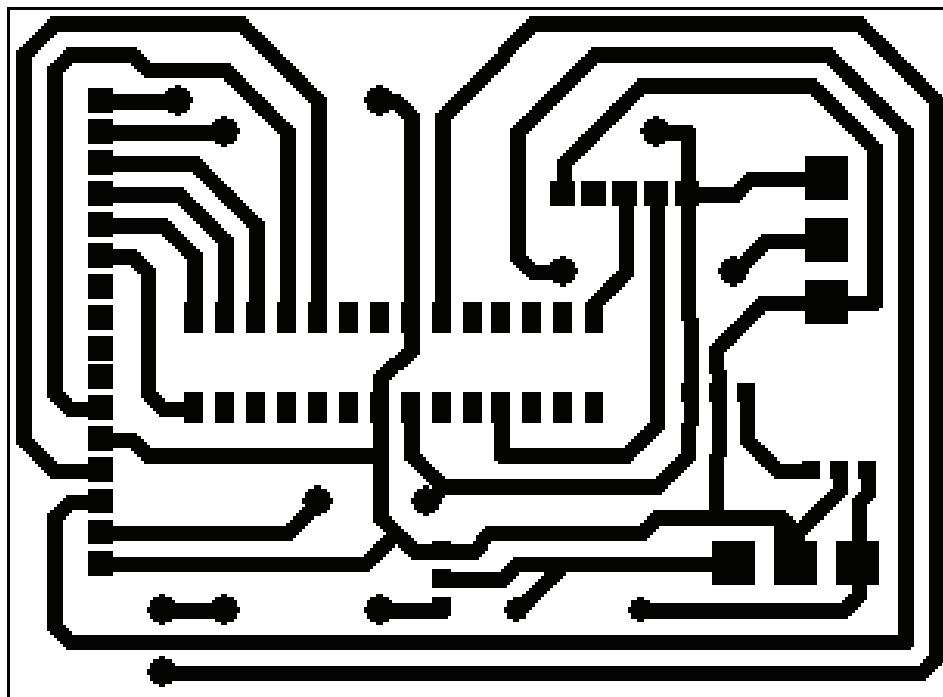
Lamina No 3 de 3

# ANEXO D

## DISEÑO DE PLACA DEL SENSOR DE NIVEL



Vista frontal de la placa



Vista trasera de la placa

## ANEXO E

### MANUAL DE USUARIO



Ahora es más fácil conseguir un recubrimiento con barniz ultravioleta económico y de alta calidad con la Barnizadora UV HARRIS de la Imprenta Don Bosco. Este equipo es sumamente amigable con el usuario, e ideal para trabajos de medio a alto volumen.

Con una sencilla preparación, la barnizadora produce acabados brillantes y satinados de alta calidad en documentos impresos, aumentando aún más la productividad.

#### **Descripción General del Sistema.**

La repotenciación de la máquina barnizadora fue diseñada para el uso de los operadores y estudiantes interesados en el estudio de alternativas modernas de control. Este sistema provee un panel de control amigable que facilita el entendimiento del control.

Para el diseño, se ha utilizado un autómata programable LOGO el cual realiza la adquisición de señales, el control del sistema y la presentación de información.

El nuevo sistema nos permite controlar y obtener señales en cada etapa de producción.

## **Características Principales.**

- Máquina Automática Mecánica
- Contador Digital de producto final
- Contador Digital de hojas/minuto
- Luces Indicadoras de cada problema ocurrido en la máquina.
- Protecciones del sistema en general.
- Sensores de nivel de barniz, contador de papel, de seguridad de luz ultravioleta, de seguridad en el ingreso de papel, detector de papel, de seguridad de movimiento de banda.
- Velocidad variable de etapa barnizado, y de etapa de secado(Banda transportadora)

## **Requerimientos del Sistema**

Para empezar a operar la maquina Barnizadora UV adecuadamente los requerimientos mínimos son:

Alimentación:	3Φ de 220V AC 1Φ de 110V AC 24V DC
Sensor:	Infrarrojo (Detector de papel)
Motor:	Motor Principal 5 HP Motor del Compresor 2 HP Motor de Banda Transportadora 3 HP
Variador de Velocidad:	Micromaster Siemens 520

## **Conexiones Eléctricas Necesarias**

Las conexiones que se deben realizar entre el autómata programable con el tablero de control y las entradas de las señales del sistema ha utilizar son:

### Conexiones entre el autómata programable y tablero de control

Tablero de Control	Autómata Programable (Logo)
Relé térmico del motor principal	I1
Relé contador de papel	I3
Relé de movimiento de banda	I4
Relé detector de papel	I5
Bobina de Motor Principal	Q1
Bobina de Motor Principal Reversa	Q2
Buzzer	Q8
Actuador de ingreso de papel.	Q10
Sensor de nivel	Q11

### Conexiones entre el autómata programable y sistema repotenciado.

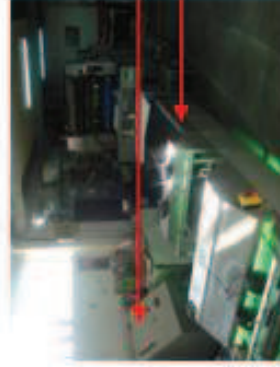
Entradas de sistema	Autómata Programable (Logo)
Fin de carrera de puerta UV	I2
Fin de carrera de detección de papel	I6
Pulsador RUN	I7
Pulsador STOP	I8
Pulsador INCH	I9
Pulsador REVERSE	I10
Encerador (Colocada en el panel de control)	I12
Palanca de presión	I13
Fin de carrera de presión	I14
Interruptor Manual/Automático	I15
Fin de carrera de la mesa de ingreso de papel.	I16

Cabe resaltar que se ha colocado la respectiva numeración en el tablero de control, el autómata programable y el sistema repotenciado para que faciliten y agilicen las conexiones eléctricas. Una vez realizada todas estas conexiones se puede proceder a operar la máquina barnizadora UV.

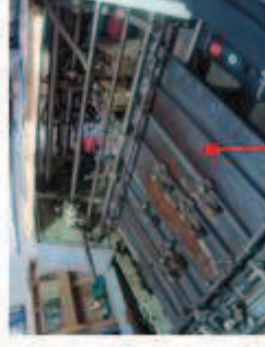
### **Utilización de la Máquina Barnizadora UV HARRIS.**



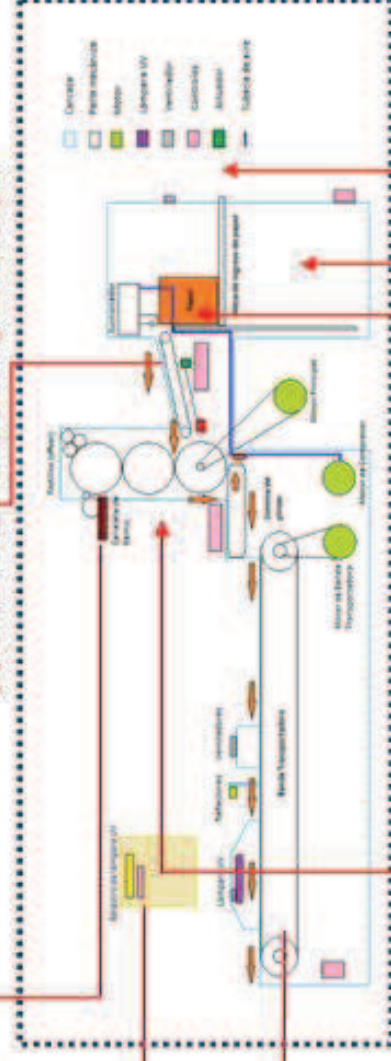
[D] Almacenamiento de Barniz.



[F] Banda Transportadora Sección de Secado.



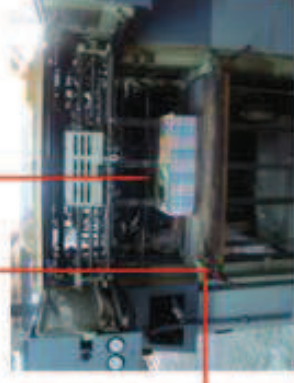
[B] Banda transportadora de ingreso de papel.



[E] Rodillos que recubren de Barniz.



[C] Tablero y panel de Control.



[A] Ingreso de Papel

### **1.- Colocación de Barniz**

Poner el barniz en la canaleta de almacenamiento [D] dependiendo del tipo de trabajo este puede ser mate, semimate, o brillante. El barniz debe ser colocado hasta un nivel adecuado de barniz o hasta que la baliza se apague.

### **2.-Ingreso de papel.**

Colocar el papel sobre la mesa de ingreso [A] para el recubrimiento de barniz, cabe resaltar que este debe ser moldeado y no debe estar ondulado.

### **3.-Calibración de grosor de papel.**

Este es manual dependiendo del tipo de papel que va hacer barnizado.[B]

### **4.- Panel de control**

A continuación los controles del panel de control.

RUN.- El motor en funcionamiento

INCH.- El motor en funcionamiento mientras se lo tiene presionado

STOP.- El motor se detiene.

REVERSE.- Cambia el sentido de giro del motor.

Encerador.- Contador digital en cero.

Compresor.- El compresor en funcionamiento.

Ventiladores.- Los ventiladores en funcionamiento.

Reflectores.- Los reflectores en funcionamiento.

Foco.- Se enciende el foco bajo la maquina.

Manual/Automático.- Habilitación/Desabilitación de sensores.

Velocidad.- Varía la velocidad de los rodillos

- **Funcionamiento Normal**

Se tiene tres posibilidades para encender al motor en el sentido de giro de trabajo, dependiendo de la activación de los botones RUN e INCH:

**Pulsos:** Cuando se presiona solamente el botón INCH, debe pasar un tiempo de un segundo aproximadamente pulsado, mientras suena la alarma de funcionamiento para que se encienda el motor. Pasado el período de encendido,



el motor seguirá en operación solamente cuando esté presionado el botón. En el momento de soltar el pulsador, el motor se detendrá.

**Puesta en marcha:** Para poner a funcionar el motor indefinidamente, se usa el botón RUN, el cual debe estar presionado aproximadamente un segundo, a la vez sonará la sirena de inicio de funcionamiento. De esta forma el motor se enciende y marcha sin necesidad de tener presionado el RUN. Cuando se desea que el motor se detenga, se presiona el botón STOP que detiene inmediatamente al motor.

**Puesta inmediata en marcha:** En ciertas situaciones de trabajo, se necesita poner en funcionamiento inmediato al motor; para lo cual presionando al mismo tiempo los botones RUN e INCH se encenderá y funcionará continuamente. De igual forma que en la Puesta en marcha, para detener el movimiento de los rodillos, se presiona STOP.

- **Funcionamiento en Reversa**

El segundo caso de operación del motor es en sentido de giro contrario, el cual no debe ser permanente sino similar a los Pulsos en trabajo normal, debido a que las partes mecánicas y el sistema de ingreso de papel no soportan el movimiento inverso pero se lo utiliza en casos de limpieza, mantenimiento y atascamiento de papel. Este funcionamiento está regido por el botón REVERSE y tiene como protecciones el INCH, RUN, STOP, Térmico motor y Motor. El modo de operación en reversa funciona cuando se pulsa REVERSE y sigue en movimiento siempre y cuando este botón este accionado. Los impedimentos para su accionamiento son que se pulse INCH o RUN, que esté accionado STOP o Térmico motor, o que esté en funcionamiento Motor.

### **5.- Etapa de barnizado**

El barniz se coloca sobre el papel [E].pasando por los rodillos y listo para ser secado.

### **6.- Sección de Secado.**

Una vez colocado el barniz pasa por la banda transportadora [F] y pasando por los ventiladores donde se expande el barniz uniformemente y luego por los reflectores y finalmente por la lámpara UV.

### **7.-Producto Final**

Ya secado el papel pasa a través de un contador para tener el resultado final del total de productos barnizados.